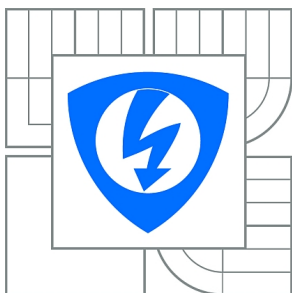


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF BIOMEDICAL ENGINEERING

BINOKULÁRNÍ VIDĚNÍ

BINOCULAR VISION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

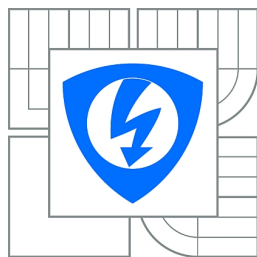
TEREZA BRŠLICOVÁ

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. RADIM KOLÁŘ, Ph.D.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav biomedicínského inženýrství

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Biomedicínská technika a bioinformatika

Studentka: Tereza Bršlicová

ID: 133958

Ročník: 3

Akademický rok: 2012/2013

NÁZEV TÉMATU:

Binokulární vidění

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1) Proveďte literární rešerši fyziologie binokulárního vidění pro získání prostorového vjemu z dvourozměrných obrázků. 2) Navrhněte snímání dynamické scény pomocí dvojice identických videorekordérů k získání kvalitních dat na výrobu stereoskopického videozáznamu. 3) Realizujte snímání dynamické a statické scény s ohledem na zvolenou zobrazovací metodu. 4) Realizujte promítání krátkých videosekvencí ve skupině pozorovatelů a pomocí ankety hodnotte kvalitu prostorového vjemu. 5) V závěru proveďte diskusi výsledků.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] HLAVÁČ, V. a ŠONKA, M. Počítačové vidění (1. vyd), Praha: Grada, 1992. ISBN 80-854-2467-3.
[2] GANONG, W. F. Přehled lékařské fyziologie, Praha: Nakladatelství a vydavatelství H&H, 1995. ISBN 80-85787-36-9.

Termín zadání: 11.2.2013

Termín odevzdání: 31.5.2013

Vedoucí práce: doc. Ing. Radim Kolář, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

prof. Ing. Ivo Provazník, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá fyziologií binokulárního vidění pro získání prostorového vjemu z dvourozměrných obrázků. Práce obsahuje popis anatomie zrakového orgánu a fyziologie vidění. Dále se v práci pojednává o samotném binokulárním vidění a pojmech s ním spojených, o patologii, vyšetření a vývoji binokulárního vidění. Navazující kapitola pojednává o stereoskopii, technologii umožňující vnímat dvourozměrnou předlohu prostorově ve 3D, která je nedílnou součástí dané problematiky. Jsou zde také popsány jednotlivé technologie stereoskopické projekce, zvláště pasivní stereoskopická technologie, které je využito v praktické části práce.

Praktická část práce se věnuje návrhu dynamické a statické scény pomocí dvojice identických videokamer k získání dat pro výrobu stereoskopického záznamu. Následuje popis realizace vhodných scén a popis promítání získaných scén skupině dobrovolníků metodou pasivní stereoskopické projekce. Z dotazníků je vyhodnocena kvalita prostorového vjemu.

Abstract

This bachelor thesis deals with the physiology of binocular vision to obtain spatial effects of two-dimensional images. The thesis contains description of the anatomy and physiology of the organ of sight. The work deals with the binocular vision itself and concepts associated with it, the pathology, examination and development of binocular vision. The next chapter concerns the stereoscopy, a technology that enables to perceive two-dimensional objects in 3D space, which is an integral part of the topic. There are also descriptions of individual stereoscopic projection technology, especially passive stereoscopic technology used in the practical part of the thesis.

The practical part focuses on design of dynamic and static scenes using a pair of identical video cameras (VCRs) to obtain data for the production of stereoscopic recording. A description of designed scenes and its projection via passive stereoscopic technology to a group of volunteers is provided as well. The questionnaires assessed the quality of spatial effects.

Klíčová slova

Binokulární vidění, horopter, stereoskopická paralaxa, stereoskopie, stereoskopická báze, 3D, anaglyf, pasivní stereoskopická technologie, Pannumův prostor.

Keywords

Binocular vision, horopter, stereoscopic parallax, stereoscopy, stereo base, 3D, anaglyph, passive stereoscopic technology, Pannum's area.

BRŠLICOVÁ, T. *Binokulární vidění*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 53 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Radim Kolář, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Binokulární vidění jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této práce jsem neporušila autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhla nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědoma následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009Sb.

V Brně dne 27. května 2013

podpis autora

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu semestrální práce Ing. Petru Fedrovi za cenné připomínky, odborné rady a materiály, kterými mi pomohl k vypracování velké části mé práce. Děkuji také docentovi Ing. Radimovi Kolářovi za následné vedení bakalářské práce a poskytnutí cenných rad a veškerých materiálů potřebných k dokončení mé práce. Dále bych ráda poděkovala svým nejbližším za podporu nejen při vypracování této práce, ale po celou dobu mého studia.

V Brně dne 27. května 2013

podpis autora

Obsah

Úvod.....	1
1 Anatomie a fyziologie zrakového orgánu	2
1.1 Anatomie oka	2
1.1.1 Oční koule (bulbus oculi).....	2
1.1.2 Přídavné orgány oka.....	3
1.1.3 Zrakové dráhy	3
1.2 Fyziologie zraku.....	4
1.2.1 Optický aparát oka	4
1.2.2 Sítňice.....	4
1.2.3 Adaptace oka.....	5
1.2.4 Akomodace a konvergence oka	5
1.2.5 Zraková ostrost (vívus).....	6
1.2.6 Refrakce oka.....	6
1.3 Vývoj zraku a binokulárního vidění	7
2 Binokulárního vidění.....	8
2.1 Stupně binokulárního vidění	8
2.1.1 Superpozice	8
2.1.2 Fúze	8
2.1.3 Stereopse	8
2.2 Podmínky binokulárního vidění.....	9
2.3 Zorné pole	9
2.4 Korespondující body sítnice	9
2.5 Horopter	10
2.6 Pannumův prostor	10
2.7 Patologie binokulárního vidění.....	11
2.8 Vyšetření binokulárního vidění.....	11
2.8.1 Pomůcky a přístroje k vyšetřování binokulárního vidění	12
3 Stereoskopie	13
3.1 Stereoskopické vidění	13
3.2 Základní princip stereoskopického vidění	13
3.3 Radius stereoskopického pole.....	13
3.4 Oční základna (báze).....	14
3.5 Stereoskopická paralaxa.....	14
3.6 Odlišnost lidského oka oproti videokameře.....	16

4	Technologie stereoskopické projekce	18
4.1	Anaglyf	18
4.2	Aktivní stereoskopická technologie	19
4.3	Pasivní stereoskopická technologie	19
4.4	Polarizační modulátor	21
4.5	Auto-stereoskopické monitory	21
4.6	Srovnání technologií stereoskopické 3D projekce.....	22
5	Návrh snímání scén	23
5.1	Nastavení videorekordérů	23
5.1.1	Stereoskopická báze (stereobáze)	23
5.1.2	Poloha a postavení kamer.....	24
5.1.3	Synchronizace kamer	24
5.1.4	Výpočet paralaxy	24
6	Realizace snímání a projekce scén	25
6.1	Realizace snímání	25
6.1.1	Nastavení kamer	26
6.2	Software ke zpracování videí.....	26
6.2.1	Editace videí.....	27
6.3	Realizace promítání	28
7	Popis jednotlivých scén a vyhodnocení dotazníků.....	31
7.1	Projíždějící trolejbus	31
7.2	Hod na koš	36
7.3	Točení míče.....	39
7.4	Statické scény.....	42
	Závěr	47
	Použité zdroje.....	49
	Seznam použitých symbolů a zkratk	51
	Seznam příloh.....	51
	Příloha: Dotazník	52
	Příloha: Obsah přiloženého DVD	53

Seznam obrázků

Obr. 1: Horizontální řez pravým okem, převzato z [2]	2
Obr. 2: Stereoskopické vidění a zrakové dráhy, převzato z [29].....	3
Obr. 3: Zjednodušené schéma oka, převzato z [2]	5
Obr. 4: Monokulární a binokulární zorné pole, převzato z [2].....	9
Obr. 5: Horopter, převzato z [12]	10
Obr. 6: Radius stereoskopického pole, převzato z [14].....	14
Obr. 7: Stereoskopická paralaxa, převzato z [20].....	14
Obr. 8: Druhy paralax, převzato a upraveno podle [22].....	15
Obr. 9: Obraz určený pro brýle s červeno-modrými skly, převzato z [18].....	18
Obr. 10: Speciální kamera a brýle pro aktivní 3D technologii,	19
Obr. 11: Schéma pasivní stereoskopické projekce, převzato a upraveno z [17]	20
Obr. 12: Aktivní projektor s polarizačním modulátorem, převzato z [19].....	21
Obr. 13: Stereoskopická báze, upraveno podle [24].....	23
Obr. 14: Snímací aparatura.....	25
Obr. 15: Kalibrační obrazce.....	26
Obr. 16: Pracovní prostředí SONY Vegas Pro 11.0	27
Obr. 17: Ukázka editace videa v programu SONY Vegas Pro 11.0.....	28
Obr. 18: Promítací aparatura	29
Obr. 19: Promítací místnost.....	30
Obr. 20: Projíždějící trolejbus	31
Obr. 21: Projíždějící trolejbus, stereobáze 8,5 cm.....	34
Obr. 22: Hod na koš zleva	36
Obr. 23: Hod na koš zprava	36
Obr. 24: Hod na koš - pohled z boku.....	38
Obr. 25: Točení míče	39
Obr. 26: Statická scéna č. 1 - rozmístění míčů	42
Obr. 27: Statická scéna č. 2	43
Obr. 28: Statická scéna č. 3 – rozmístění míčů	44

Úvod

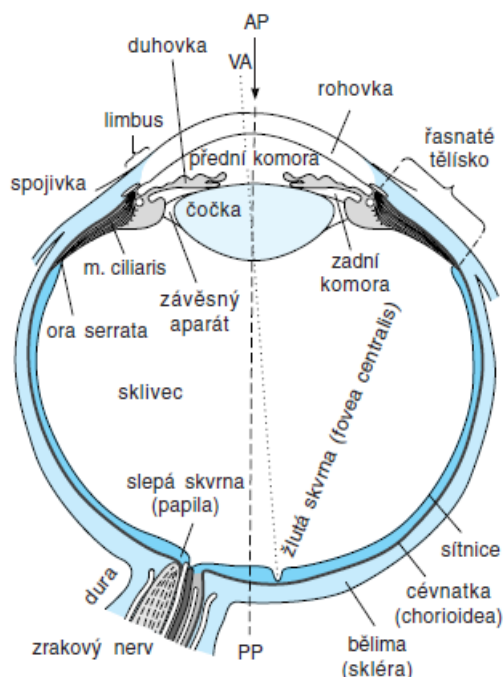
Viděním získáváme více než 80% veškerých informací o dění kolem nás. Z toho důvodu představují oči náš nejdůležitější smyslový orgán. Zrakové vnímání je výsledkem součinnosti očí, zrakové dráhy a mozkových zrakových center, tedy celého zrakového analyzátoru jako celku. Binokulární vidění (z latinského *binocularis* = oběma očima, týkající se obou očí) je senzomotorickou činností obou očí. Je to schopnost mozku vytvořit z dvou obrázků, pozorovaných každým okem zvlášť, jeden ucelený vjem. Díky schopnosti vidět binokulárně dokážeme vnímat prostor.

Tato bakalářská práce je rozdělena do sedmi kapitol. V první kapitole je stručně popsána anatomie, fyziologie a vývoj zraku jako uvedení do problematiky samotného binokulárního vidění, která je popisována v druhé kapitole. Kapitola o binokulárním vidění zahrnuje pojmy s ním spojených, dále patologii a vyšetření binokulárního vidění. Třetí kapitola se týká seznámení se základními pojmy z oblasti stereoskopie. Tato kapitola zahrnuje podkapitolu, ve které srovnávám vlastnosti lidského oka oproti videokamerám či fotoaparátům, zejména zde poukazuji na jednotlivé odlišnosti mezi nimi. Na kapitolu o stereoskopii navazuje čtvrtá kapitola, kde je popsána základní technologie 3D stereoskopie. Pátá až sedmá kapitola zahrnuje praktickou část bakalářské práce. Pátá kapitola se věnuje návrhu snímání dynamické scény pomocí dvojice stejných videorekordérů k získání kvalitních dat na výrobu stereoskopického videozáznamu. Šestá kapitola se potom zabývá vlastní realizací snímání dynamické a statické scény a jejich následnému promítání skupině dobrovolníků. Poslední sedmá kapitola obsahuje popis konkrétních scén a závěrečné vyhodnocení kvality prostorového vjemu pomocí ankety v podobě dotazníků vyplněnými dobrovolníky při promítání.

1 Anatomie a fyziologie zrakového orgánu

1.1 Anatomie oka

Z anatomického hlediska je oko složitý orgán, jehož schéma je zobrazeno na Obr. 1. Zrakové ústrojí se skládá z vlastního orgánu zraku (oční koule - bulbus) a z přídatných orgánů oka. Oční koule je uložena v kostěné schránce - orbitě. Tvar oční koule je asymetrický, přibližně kulovitý. Na bulbu rozeznáváme póly (přední a zadní), ekvátor a meridiány. Stěnu oka tvoří tři vrstvy - povrchová, střední a vnitřní. [7, 8]



Obr. 1: Horizontální řez pravým okem, převzato z [2]

1.1.1 Oční koule (bulbus oculi)

Povrchovou vrstvu neboli pevný obal oka, tvoří vzadu neprůhledné bělima a vpředu oka přechází v průhlednou rohovku. Bělina (sclera) má ochrannou funkci, obsahuje jen malé množství cév a upínají se na ni všechny okohybné svaly. Rohovka (cornea) je nejcitlivější tkáň v lidském těle, jelikož obsahuje velký počet nervových vláken. Rohovka je první část optického aparátu, kterým projde světelný paprsek.

Střední vrstva oka je tvořena cévnatkou, řasnatým tělískem a duhovkou. Cévnatka (chorioidea) je důležitá pro výživu oka díky jejímu četnému prokrvení, řasnaté tělísko (corpus ciliare) má funkci tvorby komorové vody a duhovka (iris) reguluje vstup světla, slouží nám tedy jako clona. Uprostřed duhovky se nachází otvor zvaný zornice (pupilla). Při světle se pupilla zužuje, ve tmě rozšiřuje.

Vnitřní vrstva je tvořena sítnicí (retinou), vlastním světločivným systémem oka. Sítnice je tvořena z deseti vrstev a nachází se na ní světločivé buňky (tyčinky a čípky) a čtyři typy neuronů - bipolární, gangliové, horizontální a amakrinní buňky. Gangliové buňky se spojují svými axony a tvoří zrakový nerv (nervus opticus). [2]

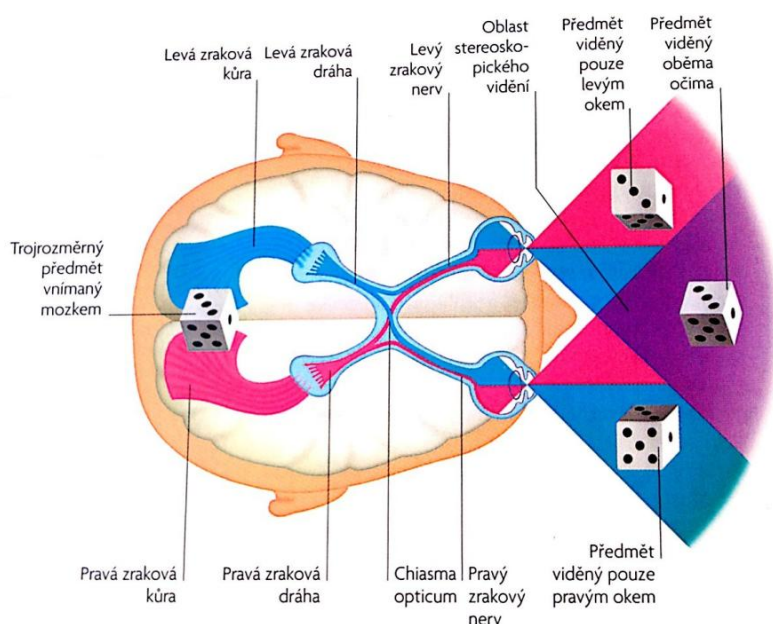
Obsah oční koule je tvořen průhlednými strukturami, které propouští světelné paprsky, a ty se lámou tak, že dopadají na sítnici. Mezi tyto struktury patří optická prostředí oka, které tvoří čočka (lens), sklivec (corpus vitreum) a komorový mok, který vyplňuje obsah přední a zadní oční komory. Na sítnici se vytváří zmenšený, převrácený a skutečný obraz pozorovaného předmětu. [2, 8]

1.1.2 Přídavné orgány oka

Oko a jeho přídavné orgány jsou uloženy v orbitě, která je složena ze sedmi kostí a má tvar čtyřboké pyramidy. Do přídavných orgánů řadíme oční víčka, spojivku (conjunctiva), slzný aparát a pohyb očí nám zabezpečují tři páry okohybných svalů. [1]

1.1.3 Zrakové dráhy

Než nervové signály doputují do zrakové kůry v zadní části mozku, tak se nervy při bázi mozku sbíhají v překřížení, které je označováno jako chiasma opticum. Z každého oka vychází zrakový nerv, který je tvořen dvěma částmi - temporální a nasální. V překřížení dochází k tomu, že vždy temporální část levého oka a nasální část pravého oka putují levou zrakovou dráhou a naopak temporální část pravého oka a nasální část levého oka putují pravou zrakovou dráhou do zrakových center v zadní části mozku. V kůře mozkové se porovnávají dva odlišné pohledy z obou očí, což umožňuje odhadnout informace o pozorovaném předmětu, například vzdálenost, tvar, barvu apod. Kombinace pohledů z obou očí do jediného obrazu se nazývá stereoskopické vidění, viz Obr. 2. [29]



Obr. 2: Stereoskopické vidění a zrakové dráhy, převzato z [29]

1.2 Fyziologie zraku

Ze všech našich smyslů je zrak ten nejdůležitější. Zrakem vnímáme přes 80% všech informací z okolí. Světelnou energii viditelného světla oči mění na akční potenciály vláken zrakového nervu. Vlnové délky viditelného světla leží v rozmezí od 397 nm do 723 nm. [2]

Zrakový vjem vniká průchodem světelných paprsků optickými prostředními oka a jejich spojením na sítnici. Na sítnici v místě dopadu světla dochází k podráždění fotoreceptorů. Vzniká vzruch, který je dále veden nervovými drahami a je převeden zrakovou drahou do zrakového centra v mozku. Zrakový vjem je výsledkem složitých nervových pochodů nejen ve zrakovém centru, ale v celém mozku. [7]

1.2.1 Optický aparát oka

Optický aparát oka tvoří tyto struktury: přední a zadní plocha rohovky, tkáň rohovky, komorová voda, přední a zadní plocha čočky, nitroočkové struktury a sklivec. Pokud paprsky dopadají kolmo, tak těmito strukturami prochází, rovnoběžné paprsky se lámou na zakřivených plochách přední plochy rohovky a přední a zadní ploše čočky. [2, 7]

Mezi další struktury, které zajišťují optické vlastnosti, řadíme cévnatku a zornici. Cévnatka zajišťuje optickou izolaci oka od nežádoucího vnějšího osvětlení a zornice plní funkci clony.

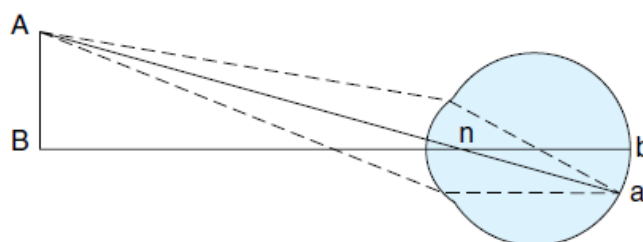
Abychom mohli vytvářet představu o chodu světelných paprsků optickým prostředím a řešit různé výpočty geometrické optiky je potřeba znát přesně jeho základní optické parametry. Zrakový orgán každého člověka je jedinečný. Proto byly vytvořeny modely oka, které zastupují s určitou přesností jejich průměrný stav. K nejznámějším a dodnes užívaným modelům patří Gullstrandovo schematické oko. Nejpodrobnější užívaný model průměrného oka sestavil švédský oftalmolog Gullstrand jako tzv. schematické oko. Předmětové prostředí zde představuje vzduch o indexu lomu 1. Rohovku vymezuje přední a zadní lomivá plocha, čočku tvoří kortex a jádro, které ohraničují čtyři lomivé plochy. Komorová voda a sklivec schematického oka mají stejné indexy lomu. Tento model vyhovuje pro podrobné teoretické výpočty. Nevýhodou je velký počet lámavých ploch, který výpočty ztěžuje. [16, 20]

1.2.2 Sítnice

Sítnice je složitá struktura, kterou tvoří deset vrstev, a nachází se na ní světločivé buňky a čtyři typy neuronů - buňky bipolární, gangliové, horizontální a amakrinní. Sítnice je dominantní složkou oka. Podrážděním světločivých elementů, tyčinek a čípků, začíná proces vidění. Čípky slouží k vidění fotopického, umožňují vidění za světla a rozlišování barev. Největší hustota čípků je v místě nejostřejšího vidění (žlutá skvrna - fovea centralis). Tyčinky jsou naopak aktivní za šera a v noci, vidění se nazývá skotopické. [2, 7]

Rozlišujeme dvojí vidění - centrální a periferní. Rozdílem je místo, na které dopadl paprsek pozorovaného objektu. Pokud paprsky dopadají na žlutou skvrnu, jde o centrální vidění, pokud naopak mimo žlutou skvrnu, mluvíme o periferním vidění.

Obr. 3 znázorňuje zjednodušené schéma oka, na kterém můžeme pozorovat lom světla na přední straně rohovky. Uzlový bod n je optický střed oka na přechodu střední a zadní třetiny čočky - 15 mm od sítnice. Tímto uzlovým bodem prochází paprsky, které se nelámou. Ostatní paprsky přicházející zornicí se lámou do ohniska na sítnici. Myšlený trojúhelník mezi body A , n a B vytváří zorný úhel protilehlý předmětu AB . Na sítnici vzniká převrácený a zmenšený obraz. [2]



Obr. 3: Zjednodušené schéma oka, převzato z [2]

1.2.3 Adaptace oka

Lidské oko má schopnost přizpůsobovat se prostředí, ve kterém se právě nachází. Jednou z těchto schopností je například adaptace na tmou, což zapříčiňuje snížení zrakového prahu tím, když někdo stráví určitou dobu v jasně osvětleném prostředí a potom přejde do šera. Najednou se jeho sítnice začne stávat citlivější na světlo a postupně si zvyká na tmou. Tento proces zvyšování prahu trvá cca 20 minut. S adaptací na tmou či na světlo souvisí šíře zornice, která odpovídá intenzitě světla. Zornice se ve tmě rozšiřuje, na světle zužuje. [2, 7]

1.2.4 Akomodace a konvergence oka

Akomodace (z latinského *commodo* = přizpůsobit) je schopnost oka měnit lomivost (optickou mohutnost) optického systému k vytváření ostrého obrazu na sítnici. Akomodační oblast je rozmezí, ve kterém oko může vidět jednotlivé body ostře. Tato oblast je vymezena dalekým a blízkým bodem. Při zaostřování oběma očima do blízka nastává konvergence - oční osy se sbíhají, a zornice se zmenšují. [6, 15, 16]

Účinnost akomodace určují dva faktory. Jedním z nich je činnost ciliárního svalu (m. ciliaris) a druhým je schopnost čočky měnit svůj tvar. Princip akomodace spočívá v kontrakci ciliárních vláken ciliárního svalu, které uvolní napětí závěsného aparátu čočky a čočka díky své pružnosti tak mění svůj tvar a polohu. Tento proces je ovládán parasymptikem. Akomodační schopnost se během života mění - v dětství je nejlepší, s věkem nastává fyziologický úbytek akomodace (presbyopie). [7, 20]

1.2.5 Zraková ostrost (vívus)

Vívus neboli zraková ostrost je definována jako prostorový práh (minimum separabile). Je to výsledná veličina pro posouzení zrakových funkcí. Aby mohl vzniknout výsledný obraz na sítnici, musí světelný paprsek odražený od pozorovaného předmětu projít všemi výše zmíněnými optickými prostředími oka. Při centrálním vidění je zraková ostrost velká. Oko je schopno rozeznat dva body jako oddělené ještě tehdy, je-li úhel svírající paprsky z obou bodů přinejmenším 1 minuta. Proto byla uznána jednotka zrakové ostrosti úhel 1 min.

Zraková ostrost se vyšetřuje pomocí tabulek, které se odborně nazývají optotypy. Jsou to speciální tabule, na kterých jsou písmena, číslice či obrázky, které se od shora dolů zmenšují. Vyšetřovaný má za úkol z 5 nebo 6 metrů číst symboly, které mu vyšetřující ukazuje. Výsledek se vyjadřuje zlomkem - v čitateli je vzdálenost v metrech, ve jmenovateli je číslice po boku řádku, který ještě vyšetřovaný z této vzdálenosti přečetl. Normální zraková ostrost se vyjadřuje 5/5 nebo 6/6. [2, 3, 6]

1.2.6 Refrakce oka

Refrakci (z latinského *refringo* = lámat) můžeme jinak vyjádřit jako změnu směru paprsku, který prochází z jednoho prostředí do druhého, které má odlišnou hustotu. Správná refrakce oka nám umožňuje ostré vidění. Refrakce oka vyjadřuje vztah mezi lomivostí (optickou mohutností lomivých prostředí) a délkou oka v optické ose. Emetropické oko je takové, jejíž optická mohutnost odpovídá délce oka, to znamená, že se paprsky protínají na sítnici. Opakem je oko ametropické, kdy optická mohutnost oka je buď větší, nebo menší, než by odpovídalo dané délce oka. [7, 15]

Optická mohutnost oka se uvádí v dioptriích (D), to odpovídá převrácené hodnotě ohniskové vzdálenosti. Celková lomivost oka se uvádí jako 1/0,017 m, což je necelých 59 D. Z toho nese větší podíl rohovka než čočka. Rohovka patří k nejdůležitějším refrakčním prostředím. Refrakční hodnota rohovky se pohybuje mezi +40 až +45D. [12]

K významným refrakčním prostředím patří také čočka, která plní funkci akomodace, refrakce a určuje také svou vlastní transparentnost. Během života čočka mění svůj tvar, zvětšuje se a mění také své optické vlastnosti. Optická mohutnost čočky se pohybuje mezi 15 až 20 D. Hlavní funkcí čočky je umožnit průchod paprsků světla, které pak vytvářejí ostrý obraz na sítnici. [11]

1.3 Vývoj zraku a binokulárního vidění

Zrak se vyvíjí ze všech našich smyslů až jako poslední. Diferenciace zrakového orgánu začíná počátkem čtvrtého týdne nitroděložního vývoje a lze jej vypořadovat již u embrya velikosti 2,5 mm. První částí oka, která se projevuje v organogenezi oka, je sítnice. Kolem této dominantní složky zrakového orgánu se formují ostatní části. Jakmile dosáhne embryo stádium o velikosti 18 až 20 mm je vytvořen základ očního orgánu a může pokračovat diferenciace jednotlivých částí.

Zrak novorozence není ještě úplně vyvinut. Na sítnici není dokončen vývoj žluté skvrny, místa nejostřejšího vidění. Receptory barevného vidění, čípky, nejsou správně uspořádány a nemají požadovaný tvar. To zapříčiňuje fakt, že u novorozence převládá periferní vidění nad centrálním. V prvních dvou týdnech proto rozeznává novorozenec pouze světlo, tmu a hrubé pohyby. Oči novorozence mohou někdy vykonávat nekoordinované pohyby.

Zraková ostrost se postupně zvyšuje ve druhém až čtvrtém měsíci života. Stále převládá periferní vidění, avšak objevuje se monokulární fixační reflex.

Pro vývoj binokulárního vidění je velmi důležitý 4. měsíc života. Vzniká totiž základ akomodace a konvergence (akomodačně-konvergenční reflex). Vývoj žluté skvrny zároveň s vývojem fúzního reflexu je dokončen asi v 6. měsíci. V 8. měsíci je již konvergence vyvinuta dostatečně, akomodace se úplně vyvíjí se zpožděním asi o dva měsíce. Ve 12. měsíci nastává velký zlom ve vývoji oka - plynulý přechod od monokulárního vidění k dokonalejšímu binokulárnímu vidění. Do dvou let života je upevněna souhra mezi akomodací a konvergencí. Do předškolního věku (období do 6 let) se stabilizuje vyvinuté vidění, upevňují se nepodmíněné reflexy. [6, 7]

2 Binokulárního vidění

Každý zdravý člověk má přirozenou vlastnost vidět binokulárně. Zjednodušeně to znamená, že dokáže pozorovat oběma očima svět kolem sebe, a mozek ze dvou obrazů dokáže vytvořit jeden vjem. Binokulární vidění přispívá k uvědomování si hloubky, prostoru a proporcí. [2]

Na tvorbě binokulárního vidění se podílí spolupráce tří funkčních složek zrakového orgánu - optické, motorické a senzorické. Optická složka zprostředkovává tok paprsků přes optické prostředí oka, aby na sítnici dopadal ostrý obraz. Aby obraz dopadal do optického centra obou očí, je zapotřebí motorická složka, která má za úkol nastavovat oční bulby do správného postavení. Senzorická složka odvádí podráždění ze sítnice obou očí do korových center mozku. Zde splynou tato podráždění a my si je uvědomujeme.

Koordinovanou senzomotorickou činnost obou očí nazýváme jednoduchým binokulárním viděním. Zajišťuje vytváření jednoduchého obrazu předmětu, který pozorujeme. S jednoduchým binokulárním viděním se nerodíme, jeho vývoj nastává až po narození spolu s vývojem sítnice a tento vývoj přetrvává až do 6 let života. Jednoduché binokulární vidění se dělí na 3 stupně - superpozici, fúzi a stereopsi. [6, 7]

2.1 Stupně binokulárního vidění

2.1.1 Superpozice

Schopnost překrýt oběma očima dva nestejně obrázky se nazývá superpozice.

2.1.2 Fúze

Fúze je centrální schopnost spojení stejných obrázků pravého a levého oka v jeden smyslový vjem. Fúze se dělí podle toho, jaký je rozsah sítnice, který obrázky spojuje. Fúze I (paramakulární) neboli periferní - obrázky se spojují rozsahem větším než je žlutá skvrna. Fúze II (makulární) - obrázky se spojují rozsahem makuly. A fúze III (foveolární) - nejkvalitnější fúze, která obrázky spojuje foveou.

Fúzi můžeme ještě dělit na motorickou a senzorickou. Motorická ovládá osy obou očí, aby se protnuly ve fixovaném předmětu. Senzorická zajišťuje spojování dvou monokulárních vjemů bez pohybu očí. U fúze je důležitá její šířka - rozsah konvergence, divergence a výšky, ve kterých udržíme obrázky obou očí spojeny.

2.1.3 Stereopse

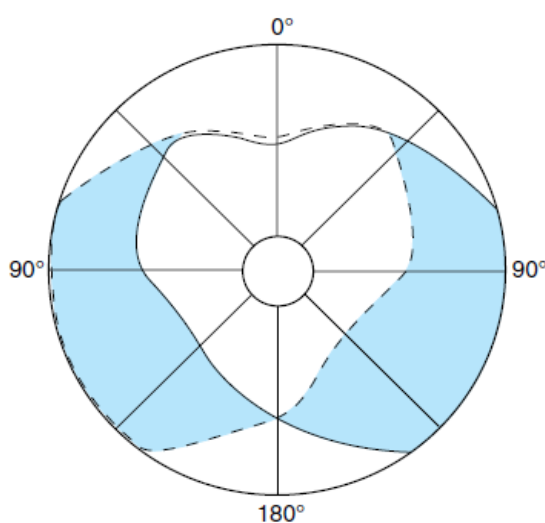
Stereopse umožňuje vytvářet hloubkový vjem spojením obrazů. Jednotlivé části těchto obrazů přitom dopadají na sítnici na lehce různorodé body. Stereopse způsobuje to, že každé vzniklé zdvojené obrazy potlačuje a my je nevnímáme, avšak chceme-li si je uvědomit tak se okamžitě objeví. [5, 6, 7]

2.2 Podmínky binokulárního vidění

K binokulárnímu vidění je potřeba, aby nebyly porušené funkce okohybného aparátu (motoriky) a také funkce senzoriky. Funkcemi motorickými je myšleno paralelní postavení obou očí při pohledu do dálky, volná pohyblivost očí ve všech směrech, správná funkce motorických drah a center a samozřejmě také koordinace akomodace a konvergence. K senzorickým funkcím řadíme schopnost fúze, centrální fixaci obou očí, normální retinální korespondenci, stejně velké sítnicové obrazy a normální vidění obou očí. [5]

2.3 Zorné pole

Velmi důležitou podmínkou jednoduchého binokulárního vidění je spolupráce obou očí. Část zevního světa, kterou daným okem pozorujeme je zorné pole. Zorné pole máme monokulární a binokulární. Monokulární zorné pole je v horní části ohraničeno stropem orbity a na mediální straně jej omezuje nos. Obr. 4 znázorňuje zorné pole obou očí. Přerušovaná čára ohraničuje levé oko, plná čára pravé oko. Binokulárně vnímáme společnou oblast uprostřed. [2, 3]



Obr. 4: Monokulární a binokulární zorné pole, převzato z [2]

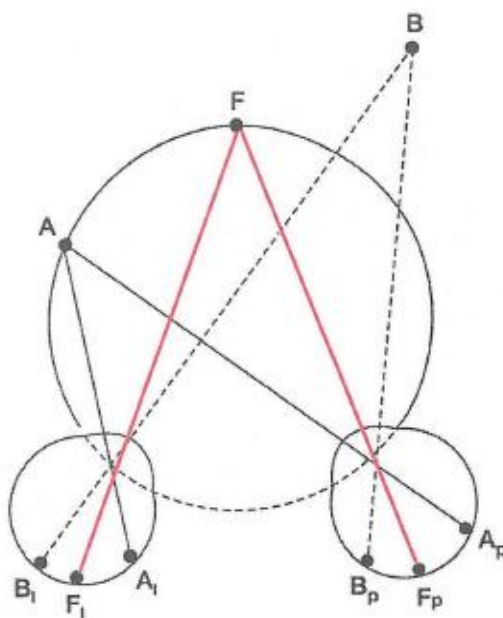
2.4 Korespondující body sítnice

Reflexně a centrálně řízené fúzní úsilí nás přivádí k tomu, abychom viděli jednoduše oběma očima. Když si představíme sítnice obou očí překryté přes sebe, tak zjistíme, že si žluté skvrny obou očí odpovídají. Všechny kryjící se místa nazýváme korespondujícími body sítnice. Naše oči se vždy snaží nastavit tak, aby při fixaci předmětu jeho obraz dopadl na místa nejostřejšího vidění. Tyto místa se nazývají fovey a jsou to hlavní vzájemně korespondující body. Všechny obrazy předmětů, které dopadají na korespondující místa, se v prostoru zobrazují jednoduše. [5, 7]

2.5 Horopter

Korespondující body spojuje myšlená čára nazývaná horopter. Veškeré předměty ležící mimo horopter vidíme dvojité a říkáme jim disparátní neboli nekorespondující body sítnice. [7]

Obr. 5 nám blíže znázorňuje binokulární vidění. Horopter vlastně představuje pomyslnou kružnici, která prochází fixovaným bodem a uzlovými body obou očí. Bod F znázorňuje zmíněný fixovaný bod a jeho korespondující body jsou označeny jako F_l a F_p . Klíčovým vodítkem prostorového vidění ve středních vzdálenostech je binokulární disparita. Všechny body stejně vzdálené jako F , body ležící na horopteru, vnímáme ve stejné hloubce. Na obrázku je tedy bod A vnímán ve stejné hloubce jako bod F . Bod B se nachází mimo horopter. Tvar horopteru je závislý na našem mozku. Sítnicová disparita je způsobena rozestupem očí a mozek si ji pomocí fúze zpracovává do jednoho obrazu. [12]



Obr. 5: Horopter, převzato z [12]

S pojmem horopter úzce souvisí Panumův prostor.

2.6 Panumův prostor

Panumův prostor je malá oblast nacházející se kolem horopteru, ve které je možné stereoskopické vidění, tedy vnímat hloubku a vzdálenost, z lehce disparátních bodů obou sítnic. Nachází v oblasti fixovaného bodu a je promítán na sítnici. [5, 6]

2.7 Patologie binokulárního vidění

Patologické binokulární vidění vzniká tehdy, jestliže do vývoje jednoduchého binokulárního vidění zasáhne nějaká překážka. Například anatomické změny na sítnici či rohovce, poruchy okohybného aparátu, dále senzorické změny, do kterých řadíme refrakční vady, anebo poruchy zrakové dráhy. Následkem těchto poruch ve vývoji jednoduchého binokulárního vidění vznikají adaptační procesy. Do těchto procesů řadíme šilhání, útlum, amblyopii a anomální retinální korespondenci.

Ztráta rovnovážného postavení očí vede k šilhání. Šilhání (strabismus) je porucha jednoduchého binokulárního vidění. Při fixaci pozorovaného předmětu se osy vidění neprotínají ve stejném bodě. U šilhání se vždy objevuje dvojité vidění (diplopie). Je to funkční porucha a navenek můžeme pozorovat asymetrické postavení očí. Strabismus se dělí na zjevný (heterotropie) a skrytý (heterofonie). Heterotropie se dále dělí na strabismus dynamický a paralytický.

Útlum (suprese) brání vstupu informací z vychýleného oka do centra zraku a zabraňuje tak jejich uvědomění. Fyziologická diplopie utlumí u normálního oka vše ostatní, na co zrovna není zaměřena naše pozornost, to co nefixujeme. Disparátní diplopie vzniká tehdy, pokud je přítomen strabismus na jednom z očí a tudíž obraz na uchýleném oku nedopadá do fovey, ale na disparátní bod sítnice. U jedince postiženého strabismem se vidění účastní pouze jedno z očí.

Amblyopie (tupozezrakost) vzniká po trvalém akutním útlumu uchýleného oka. Při tupozezrakosti je snížena zraková ostrost při běžném anatomickém nálezu na oku. Může být jednostranná i oboustranná. Nejčastější výskyt amblyopie je u lidí se strabismem a považuje se proto za následek tohoto onemocnění.

Anomální retinální korespondence (ARK) je binokulární funkční anomálií. Jedná se o spolupráci žluté skvrny vedoucího oka a místa na sítnici uchýleného oka, na které dopadá obraz pozorovaného předmětu. Utváří tak společnou prostorovou lokalizaci - nepravé, patologické binokulární vidění. Příčinou ARK bývá především dlouhotrvající neléčený strabismus. [5, 6, 7]

2.8 Vyšetření binokulárního vidění

K nejzákladnějším vyšetřování poruch binokulárního vidění, které se provádí hlavně u dětí, patří anamnéza, vyšetření refrakce a zrakové ostrosti, dále vyšetření fixace, rozlišovací schopnosti, akomodace, konvergence, postavení a pohyblivosti očí (motilita).

2.8.1 Pomůcky a přístroje k vyšetřování binokulárního vidění

Samotné vyšetření jednoduchého binokulárního vidění lze provádět několika testy. Mezi ně patří například Worthův test, Bargoliniho test a POLA test. Z přístrojů slouží k vyšetřování binokulárního vidění jednodušší stereoskopy a složitější troposkopy. [5, 6]

Worthův test, známý také jako Worthova světla, využívá neutralizujícího se vztahu mezi červenou a zelenou barvou. Určuje stav binokulárního vidění, přítomnost dvojitého vidění a supresi jednoho oka. Worthův test je realizován pomocí svítících terčů, které jsou uspořádány do kosočtverce - nahoře je terč červený, po stranách jsou terče zelené a spodní je bílý. Vyšetřovaný je vzdálen od terčů 5 metrů nebo 30 cm a má nasazené barevné brýle s červeným filtrem pro pravé oko a se zeleným pro levé oko. Tento test může odhalit, zdá má vyšetřovaný správnou polohu očních bulbů, které oko je dominantní, zda má útlum oka pro některou z barev a výskyt strabismu. [5, 6, 16]

Bargoliniho test je velmi jednoduchý a hodnotí binokulární funkce v prostoru. Provádí se pomocí Bargoliniho skel zhotovené z planárních rýhovaných skel (pravé oko v ose 135° , na levém ve 45°). Přes tato skla vyšetřovaný vidí nezkresleně. Pozoruje většinou ze vzdálenosti 5 až 6 metrů světlo. Binokulárně se zjevuje kříž, při poruchách binokulárního vidění se zobrazují různě přes sebe proložené paprsky. [6, 16]

POLA-test využívá vlastnosti polarizovaného světla a zjišťuje stav binokulárního vidění. Vyšetřovaný s nasazenými polarizačními brýlemi pozoruje z pěti metrů tabulky se dvěma úsečkami. Každá úsečka je polarizovaná v jednom na sobě kolmém směru - pravé oko vidí vertikální úsečku, levé úsečku horizontální. [6]

Stereoskopy jsou jednoduché přístroje, které umožňují diagnostikovat stav binokulárního vidění. Jsou založeny na principu rozdělení binokulárního zorného pole. Vyšetřovaný má za úkol tyto dva obrázky, které se liší v detailech, spojit v jeden vjem. Hodnotí se to, jestli je pacient schopen rozeznat všechny detaily. Pokud to nedokáže, znamená to útlum stejnostranného oka. Při tomto vyšetření lze posuzovat také stálost fixace očí a tím zjistit hloubkový vjem pacienta - nejvyšší stupeň prostorového vidění. [5, 16]

Troposkop je přístrojem složitějším. Umožňuje zjistit všechny kvality binokulárního vidění a šířku fúze. Přístroj obsahuje dva okuláry, kterými vyšetřovaný pozoruje předkládané obrázky. Obrázky jsou sestaveny tak, že každé oko vidí jiný obraz. Například pro levé oko je obrázek klece a pro pravé oko obrázek lva. Vidí-li vyšetřovaný lva v kleci, znamená to, že dokáže spojit tyto obrazy v jeden vjem. [6, 7]

3 Stereoskopie

3.1 Stereoskopické vidění

Člověk a mnoho dalších zvířat (například predátoři) mají stereoskopické vidění, ve kterém vidí pozorovaný objekt oběma očima současně. Vzájemná poloha obou očí způsobuje, že každé oko vidí obraz pod jiným úhlem a každé oko tak zachytí trochu jiný obraz. Tento druh vize je důležitý pro vnímání hloubky a vzdálenosti.

Oči a mozek pracují společně, podobně jako objektiv. Na sítnici každého oka se zobrazí obraz. Tyto dva snímky v mozku vytváří trojrozměrný pohled na svět. [16]

3.2 Základní princip stereoskopického vidění

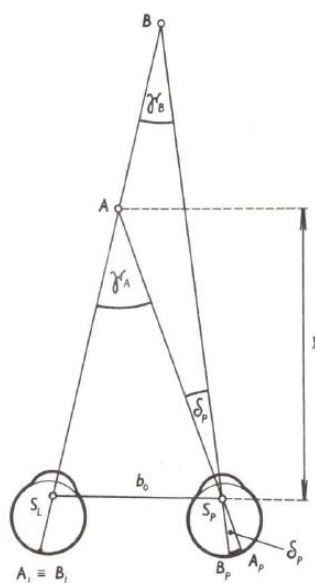
Při pozorování trojrozměrného předmětu se vytváří na sítnici obou očí zmenšené a výškově i stranově převrácené obrazy tohoto předmětu. Důležitou podmínkou vzniku prostorového dojmu je dostatečná odlišnost jednotlivých obrazů, které vznikají na sítnici obou očí. Obrazy sledovaných bodů totiž nesmí dopadnout na stejně umístěné čípky v obou očích. Aby tomu tak bylo, musí být splněno několik podmínek. Zaprvé, oči musí být schopny správné funkce. Tím je myšlena schopnost akomodace, adaptace, konvergence a jiné. Tato podmínka je splněna u každého zdravého člověka. Další podmínkou je skutečnost, že pozorované body jsou v prostoru od pozorovatele opravdu odlišně vzdáleny. Posledním předpokladem je, že vzdálenost pozorovaných bodů nesmí přesáhnout určitou mez nazývanou radius stereoskopického pole. [14]

3.3 Radius stereoskopického pole

Maximální vzdálenost mezi pozorovatelem a pozorovaným objektem, který je schopen člověk ještě vidět přímo prostorově, se nazývá poloměr prostorového vidění - radius stereoskopického pole. Po přesáhnutí této vzdálenosti již prostorové vidění není možné.

Na Obr. 6 je vyobrazeno pozorování dvou bodů - A a B , které jsou umístěny ve stejné horizontální rovině, avšak od pozorovatele je každý jinak vzdálený. A_L a A_P jsou středy čoček a b_0 je vzdálenost mezi těmito středy. V levém oku se jednotlivé body zobrazují na sítnici v jednom bodu ($A_L = B_L$), a u pravého do dvou bodů A_P a B_P . γ_A a γ_B jsou konvergentní úhly. Úhel, pod kterým pravé oko pozoruje body A a B a pod kterým se tyto body zobrazí na sítnici, je označen jako δ_P . Radius stereoskopického pole vyznačuje vzdálenost y a lze jej vyjádřit vztahem: [14]

$$y = \frac{b_0}{\gamma_A}. \quad (3.1)$$



Obr. 6: Radius stereoskopického pole, převzato z [14]

3.4 Oční základna (báze)

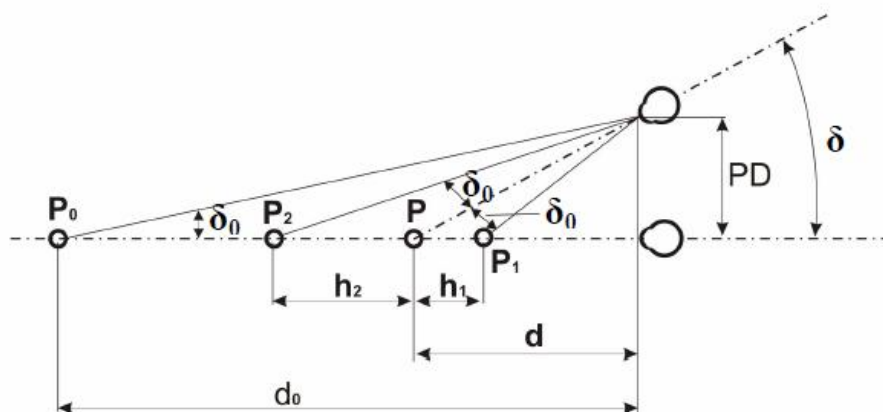
Oční základna vyjadřuje vzdálenost mezi středy zornic obou očí. Oční bázi má každý z nás odlišnou, je individuální. Průměrná velikost oční báze dospělého muže je zhruba 65 mm, dospělé ženy asi 62 mm. Vzdálenost mezi středy zornic je víceméně stejná jako vzdálenost středů očních čoček. [14]

3.5 Stereoskopická paralaxa

Oční osy při pozorování určitého objektu svírají úhel δ , nazývaný stereoskopická paralaxa. Tento paralaxní úhel je dán vztahem: [20]

$$\delta = \frac{d}{PD}, \quad (3.2)$$

kde d je vzdálenost předmětu a PD je vzdálenost zornic (oční základna).



Obr. 7: Stereoskopická paralaxa, převzato z [20]

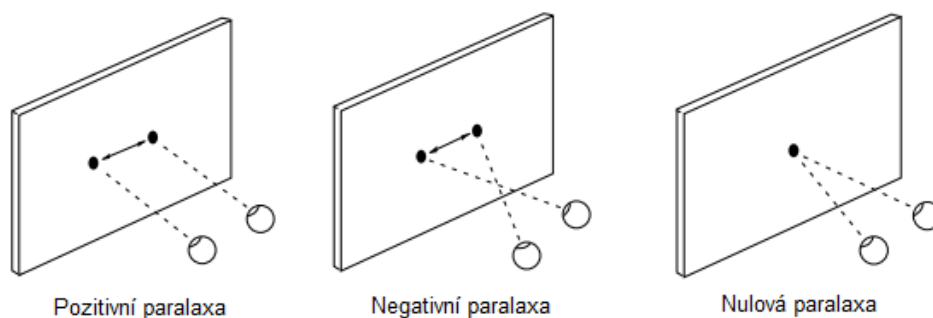
Na Obr. 7 je názorně vyobrazena stereoskopická paralaxa. Oči pozorují bod P a svírají přitom úhel δ . δ_0 je mez stereoskopického vidění a odpovídá přibližně hodnotě $20''$. Je-li absolutní hodnota rozdílu odpovídajících stereoskopických paralax $|\delta - \delta_0|$ větší nebo menší δ_0 , pak jsou předměty P a P_1 vnímány v různých vzdálenostech. Od vzdálenosti d_0 , která se nazývá poloměr stereoskopického vidění, již přestává prostorové vidění. Poloměr stereoskopického vidění vyjadřuje následující vztah: [20]

$$d_0 = \frac{PD}{\delta}. \quad (3.3)$$

Průměrný poloměr stereoskopického pole člověka, který má rozestup očních zornic $PD = 65$ mm a mez stereoskopického vidění $\delta_0 = 20''$, je přibližně 650 metrů. Pozorovaný předmět se nachází ve vzdálenosti d . Vzdálenost h_1 určuje vzdálenost předmětu, který vnímáme jako bližší. Naopak vzdálenost h_2 předmět, který vnímáme jako vzdálenější [20].

$$h_1 \geq \frac{d^2}{d_0 + d}; \quad h_2 \geq \frac{d^2}{d_0 - d} \quad (3.4)$$

Je několik druhů paralax. Zde uvedu tři základní - pozitivní, negativní a nulovou. Pozitivní paralaxa nastává tehdy, pokud se optické osy očí protínají až za rovinou projekce (plátnem či obrazovkou). Maximální pozitivní paralaxa nastává, když je objekt v nekonečnu a horizontální paralaxa je rovna vzdálenosti rozestupu očí. Při negativní horizontální paralaxě se osy protínají někde před rovinou projekce. Pozorovaný objekt působí jako by vstupoval k divákovi. Při protnutí os obou očí přímo na rovině projekce nastává nulová paralaxa a obraz tohoto bodu je na sítnici obou očí stejný. [22]



Obr. 8: Druhy paralax, převzato a upraveno podle [22]

3.6 Odlišnost lidského oka oproti videokameře

V této kapitole bych ještě chtěla poukázat na odlišnosti lidského oka (a mozku) oproti kameře či fotoaparátu.

Objektiv u kamery resp. fotoaparátu tvoří čočka nebo soustava čoček a slouží k soustředění světla na snímač (film). U lidského oka je objektiv tvořen optickým aparátem sestávající se z rohovky, komorové vody, čočky a sklivce. Funkci clony zastupuje duhovka. Sítnice lidského oka je u kamery resp. fotoaparátu nahrazena digitálním filmem, tzv. obrazovým snímačem kamery, který slouží k převádění světla na elektrický signál. V dnešní době se používají dvě technologie obrazových snímačů - CCD a CMOS. Hlavní rozdíl mezi sítnicí oka a snímačem kamery je ten, že sítnice je zakřivená, zatímco snímač je plochý.

Zorný úhel, ve kterém vidí lidské oko ostře, je velmi malý, kdežto objektiv videokamery zobrazuje ostře vše, co se nachází v jeho zorném úhlu. Oko a mozek pracují jako jeden celek a proto někdy člověk vidí jen to, co vidět chce. Naopak objektiv zobrazuje stejným způsobem veškeré předměty, které snímá.

Zaostřovací schopnost lidského oka je poněkud menší než u fotoaparátů. Lidské oko dokáže zaostřit na minimální vzdálenost kolem 20 cm. Objektiv fotoaparátu dokáže předměty znázornit z daleko menší vzdálenosti a mnohonásobně je zvětšit (například mikrofotografie). Liší se také způsobem zaostřování. Lidské oko zaostřuje pomocí svalů, které mění zakřivení ploch čoček. Kdežto objektiv videokamery či fotoaparátu zaostřuje posouváním čočky vpřed a vzad. Odlišností je také rychlost zaostření. Lidské oko dokáže zaostřovat tak rychle, že si to ani neuvědomujeme a máme pocit, že vidíme vše dokonale ostře. Na rozdíl u objektivu, který zobrazuje ostře pouze předměty v určité vzdálenosti, na kterou je právě zaostřen.

Další odlišnost spočívá v době snímání. Oko zaznamenává kontinuální děj, takže funguje jako kamera. Dílčí obraz v oku za cca 1/30 sekund zanikne. Oproti tomu fotoaparát zaznamená děj ve velmi krátkém čase (např. 1/4000 sekund).

Jak již bylo zmíněno, lidské oko je schopno vidět světelné záření s vlnovou délkou od 397 nm do 723 nm. Fotografie však dokáže zaznamenat i záření, které se nachází mimo toto relativně krátké rozmezí vlnových délek, například infrafotografie. Oko je také mnohem méně citlivé na menší změny barvy světla, které barevný film dokáže zaznamenávat velmi přesně.

Velmi důležitým rozdílem je skutečnost, že si mozek dokáže sestavit ze dvou vzájemně posunutých obrazů perspektivní 3D vidění. Videokamera či fotoaparát však tuto vlastnost nemá, objektiv je schopen vykreslit pouze dvojrozměrný obraz. V současnosti se však lze vhodnými kompozicemi a technologiemi docílit iluze o trojrozměrnosti scén či fotografií. [27, 28]

Stručný přehled těch nejvýznamnějších odlišností mezi lidským okem a videokamerou použitou k realizaci mé práce znázorňuje Tabulka 1.

Tabulka 1: Srovnání - lidské oko vs. videokamera

Lidské oko	Videokamera (fotoaparát)
Optický aparát	Objektiv
Duhovka	Clona
Sítnice	Obrazový snímač (CMOS)
Ostření - pomocí akomodace	Ostření - pomocí posuvu čoček objektivu
Doba snímání - kontinuální	Doba snímání - u fotoaparátu okamžik
Menší rozsah vlnových délek	Větší rozsah vlnových délek
Větší minimální zaostřovací vzdálenost	Menší minimální zaostřovací vzdálenost
Větší dynamický rozsah	Menší dynamický rozsah
Adaptace na tmu	Neadaptuje se na tmu
Ohnisková vzdálenost (f) - pevná	Ohnisková vzdálenost (f) - proměnná
Vyvážení bílé - přesné	Vyvážení bílé - někdy nepřesné
3D	2D

4 Technologie stereoskopické projekce

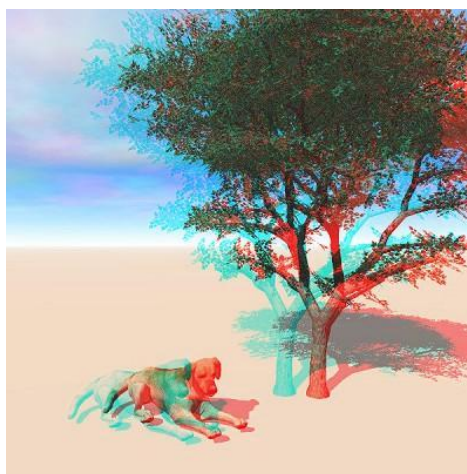
Abychom vnímali pocit hloubky, viděli trojrozměrně, potřebujeme binokulární vidění - dvě spolupracující oči a mozek, který dokáže dva rozdílné obrazy vyhodnotit a získat z nich pocit trojrozměrného obrazu, který také zahrnuje informaci o vzdálenosti od pozorovaného objektu. Pokud chceme tuto vlastnost převést na videozáznam či fotografii, bude k tomu zapotřebí speciálních zařízení a stereoskopických brýlí. Není to však úplně jednoduché jak se zdá. Je důležité nasimulovat rozteč lidských očí a k tomu přizpůsobit následující produkci a celou 3D geometrickou scénu.

Zaznamenané video přehrávané pozorovatelům musí splňovat skutečnost, aby byl obraz konkrétní levé a pravé kamery správně distribuován do každého oka. Jednoduše řečeno je každému oku promítán jiný obraz a výsledný dojem skládá až náš mozek. K tomuto zobrazení slouží několik druhů technologií, které mají za úkol zmást naše oči a mozek. Stereoskopická technologie se dělí na pasivní a aktivní. [17, 18]

4.1 Anaglyf

Nejjednodušší a zároveň i nejstarší technologie 3D stereoskopického zobrazení se nazývá anaglyf. Je jednoduchá, protože k sestrojení 3D projekce pomocí anaglyfu není zapotřebí žádných speciálních a složitých technologií. K tomu abychom zaznamenali 3D obraz či video nám slouží anaglyfové červeno-modré nebo červeno-zelené brýle. 3D fotky stačí vytisknout a k promítání stačí obyčejný projektor a sledovat záznam můžeme i na běžném počítači.

Abychom mohli vnímat prostorový obraz je zapotřebí dvou oddělených obrazů, které jsou odlišně obarveny a jsou vtěsnané do jediného obrazu. Příklad je zobrazen na Obr. 9. Výsledný obraz pozorujeme pomocí brýlí s barevnými skly, díky kterým se oddělí obrazy tak, aby do každého oka se dostal pouze příslušný obraz. [17, 18]



Obr. 9: Obraz určený pro brýle s červeno-modrými skly, převzato z [18]

4.2 Aktivní stereoskopická technologie

Tato technologie vyžaduje pro realizaci stereoskopického 3D záznamu speciální kameru i brýle, které obsahují baterii a elektroniku pro řízené zatmívání. Kamera natáčí dva obrazy najednou. Vzdálenost mezi čočkami kamery je stejná, jako velikost stereoskopické báze u člověka (cca 64 mm). Příklad takové kamery je na Obr. 10. Projektor pro aktivní 3D technologii promítá snímky s dvojnásobnou zobrazovací frekvencí než projektor obyčejný. Na filmovém pásu jsou střídavě proložené obrazy pro pravé a levé oko. Následně jsou tyto obrazy promítány divákům, kteří mají nasazené aktivní 3D brýle, které pracují na principu střídavého zatmívání (shutter glasses).

Výhodou je, že metoda umožňuje velmi kvalitní 3D zobrazení, které může být promítáno na libovolnou projekční plochu a pouze jedním projektorem, tudíž odpadá problém se seřizováním dvou projektorů. Nevýhoda spočívá ve vysoké pořizovací ceně zmiňovaného projektoru i elektronických brýlí, a proto není vhodná pro velký počet lidí. [17, 18, 19]



Obr. 10: Speciální kamera a brýle pro aktivní 3D technologii,

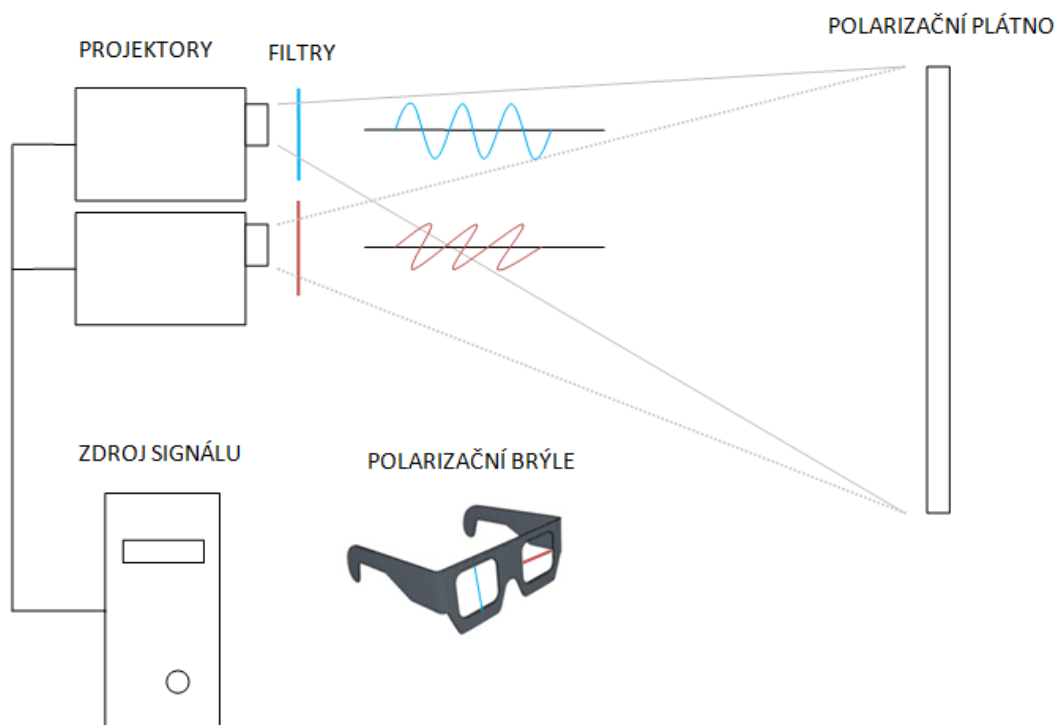
4.3 Pasivní stereoskopická technologie

Tato technologie se označuje jako pasivní, protože 3D brýle nejsou žádným způsobem napájeny. Teoreticky do této skupiny technologií spadá i anaglyf, který je popsán v kapitole (4.1). Pod pojmem pasivní 3D technologie je zde myšlena metoda využívající polarizaci světla. Signál je promítán dvěma projektory, které pracují synchronně. Každý projektor promítá obraz pro jiné oko. Projektory nemusí mít vysokou frekvenci jako u aktivní technologie, nedochází zde k nežádoucímu blikání. Princip spočívá v tom, že před každý projektor je umístěn speciální polarizační filtr, který propouští světlo jen v určité rovině. Brýle určené ke sledování výsledného obrazu musí mít filtry na stejném principu polarizace, jako filtry před projektory. Světlo může polarizovat dvěma způsoby - lineárně nebo kruhově.

V případě lineární filtrace obsahuje jedna z očnic polarizační filtr, který propouští jen světlo kmitající v horizontální rovině, v druhé očnici se nachází filtr otočený o 90° , propouští tedy světlo kmitající v rovině vertikální. Pokud při lineární filtraci pozorovatel nakloní hlavu, brýle tak propustí i obraz, který má být viděn pouze druhým okem, sníží se tím kvalita celkového zobrazení. Pozorovatel proto musí sledovat plátno pod úhlem 90° . Schéma lineární polarizační technologie je na Obr. 11.

U kruhové polarizace je vlnění upraveno polarizačními filtry na pravotočivé a levotočivé. Odezní tak problém s natočením hlavy. Filtry pro kruhovou polarizaci jsou však finančně nákladnější a mají menší efektivitu, proto se v praxi užívají častěji filtry s lineární polarizací.

Promítací plátno je vyrobeno ze speciálního materiálu, aby zachoval polarizaci dopadajícího světla. Díky filtrům vidí divák pro každé oko příslušný obraz, aby vznikla dokonalá trojrozměrná iluze. [17, 21]



Obr. 11: Schéma pasivní stereoskopické projekce, převzato a upraveno z [17]

4.4 Polarizační modulátor

Tato stereoskopická technologie sjednocuje to nejlepší z pasivní a aktivní 3D technologie. Je někdy nazývána jako smíšená 3D technologie. Sestává se z jednoho aktivního projektoru, který je synchronně zapojen s polarizačním modulátorem umístěným před objektivem projektoru, viz Obr. 12. Princip spočívá v tom, že projektor vysílá střídavě obrazy pro pravé a levé oko, a modulátor řízeně mění polarizaci procházejícího světla. Diváci pozorují snímky jednoduchými pasivními polarizačními 3D brýlemi, které jsou vybaveny polarizačními filtry kompatibilní s polarizačním modulátorem.

Výhodou smíšené stereoskopické technologie je jeden projektor, který usnadňuje instalaci, odstraňuje se problém mechanického seřizování dvou projektorů. Dále pasivní brýle s polarizačními filtry jsou levnější a mechanicky odolnější než brýle pro aktivní 3D technologii. Mezi nevýhody můžeme zařadit nutnost použití speciálního plátna a potřeba aby aktivní projektor zvládl frekvenci 120 Hz. [17, 19]



Obr. 12: Aktivní projektor s polarizačním modulátorem, převzato z [19]

4.5 Auto-stereoskopické monitory

Auto-stereoskopické monitory pracují na principu pozorování 3D obrazů bez nutnosti použití 3D brýlí. Technické řešení spočívá v umístění speciální masky před LCD displej. Masky obsahuje optické hranoly, které mají schopnost vychýlit různé sloupce pixelů do různých směrů. Dle parametrů optické masky jsou v monitoru uloženy obrazy pro levé i pravé oko. Masky umožňují filtrovat jednotlivé obrazy do každého oka zvlášť, díky odlišnému směru očí (rozteč očí). Výhodou je možnost pozorování bez brýlí. Tuto výhodu zde bohužel převažují značné nevýhody. Metoda neposkytuje kvalitní 3D obraz, divák musí hledat vhodnou polohu před monitorem a je zde snižené rozlišení obrazu. [17]

4.6 Srovnání technologií stereoskopické 3D projekce

Z hlediska technické náročnosti je nejnáročnější pasivní technologie, při které je zapotřebí dvou stejných projektorů a speciálního polarizačního plátna. Finančně není pasivní projekce tak náročnou, jako je aktivní 3D technologie, kde jsou zapotřebí finančně i technicky náročné aktivní stereoskopické brýle. Technologie využívající polarizační modulátor má pořizovací náklady relativně náročné, to ovšem kompenzují nízké provozní náklady. Anaglyfová technologie má sice velmi nízké náklady, ale výsledný 3D obraz ve srovnání s modernějšími technologiemi není tak kvalitní.

Nejlepší výsledné rozlišení obrazu můžeme očekávat u aktivní a pasivní 3D technologii. Naopak nízké rozlišení má smíšená technologie využívající polarizační modulátor. U anaglyfu je výsledné rozlišení průměrné, avšak metoda ztrácí při podání barevné informace divákovi. U auto-stereoskopických monitorů obraz ztrácí na kvalitě obrazu, tedy i na rozlišení, a barvy jsou obvykle poškozeny tzv. efektem duhy nebo se obrazy prolínají do sebe.

Aktivní 3D technologie je limitována počtem diváků vzhledem k drahým brýlím a dosahem bezdrátového signálu. Rovněž auto-stereoskopické displeje jsou omezeny počtem diváků. U ostatních technologií takový problém není. Pasivní stereoskopická projekce a 3D polarizační modulátor jsou v současnosti nejčastější technologií využívána v kinech vzhledem k nenáročnosti polarizačních brýlí a možnosti velkého počtu diváků. [17, 19]

Tabulka 2: Srovnání technologií stereoskopické projekce

Technologie	Technická náročnost	Finanční náklady	Rozlišení obrazu	Barevná informace	Počet diváků
Anaglyf	nízká	velmi nízké	střední	ztrátová	vysoký
Aktivní 3D	střední	vysoké	vysoké	plná	omezený
Pasivní 3D	vysoká	střední	vysoké	plná	vysoký
3D polarizační modulátor	střední	střední	nízké	plná	vysoký
Auto-stereoskopické monitory	střední	vysoké	nízké	plná	nízký

5 Návrh snímání scén

Pro návrh snímání dynamické scény je základním požadavkem stejný obraz z obou kamer. Aby vznikl prostorový vjem, musí být rozdíl v horizontální paralaxě. Lidské oko je velmi citlivé na horizontální paralaxu. Abychom dosáhli prostorového efektu, musíme použít binokulární disparitu a vyhnout se nepřirozeným pohybům očí, které způsobuje paralaxa vertikální.

5.1 Nastavení videorekordérů

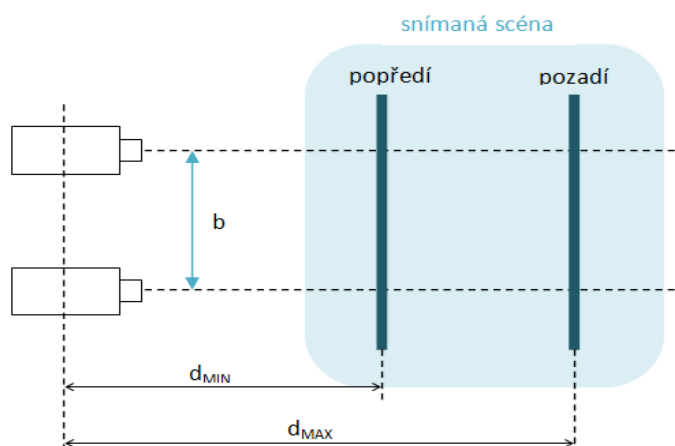
Pro nastavení jednotlivých kamer je podstatná vzájemná rozteč objektivů, dále poloha a postavení kamer, jejich synchronizace a výpočet paralaxy.

5.1.1 Stereoskopická báze (stereobáze)

Pro snímání scény je důležitá vzájemná rozteč objektivů neboli stereoskopická báze, která je obdobou oční báze.

Pokud budeme snímat předměty umístěné blíže u objektivů videorekordéru je nutné objektivy umístit blíže k sobě - stereobáze bude menší než 65 mm. Naopak chceme-li snímat a získat lepší prostorový vjem vzdálených předmětů, objektivy videorekordérů v tomto případě oddálíme. Pokud chceme získat prostorový vjem z pozorování velmi vzdálených objektů, jako jsou například vzdálené pohoří či měsíc na obloze, musíme od sebe objektivy oddálit až o několik metrů. Toho lze však dosáhnout pouze při snímání statické scény.

Existuje jednoduché pravidlo k určení stereobáze, tzv. pravidlo 1:30. Je to poměr mezi velikostí stereobáze videorekordérů a vzdáleností k pozorovanému předmětu. Tohle pravidlo je velmi diskutované v oblasti stereoskopických fotografií. Není totiž pokaždé úplně přesné. Například při užití objektivu s krátkou ohniskovou vzdáleností se může hodnota poměru zvýšit na 1:10. [24, 25]



Obr. 13: Stereoskopická báze, upraveno podle [24]

Stereoskopická báze je na Obr. 13 označena jako b . Lze ji vypočítat podle vztahu [24, 25]:

$$b = \frac{k}{f} \cdot \frac{d_{MAX} \cdot d_{MIN}}{(d_{MAX} - d_{MIN})}, \quad (5.1)$$

kde k je koeficient potřebné paralaxy na videorekordéru, f je ohnisková vzdálenost objektivu, d_{MIN} je vzdálenost k popředí scény a d_{MAX} k pozadí scény.

Koeficient k se mění s velikostí obrazovky či plátna. Maximálně je doporučena hodnota 4% z celkové velikosti obrazovky (plátna). K výpočtu tedy potřebujeme znát velikost obrazovky nebo plátna D , velikost kinofilmového políčka v (snímač CMOS) a potřebnou velikost maximálního rozdílu mezi pravým a levým snímkem na obrazovce či plátně d [24, 25]:

$$k = \frac{d}{D} \cdot v. \quad (5.2)$$

5.1.2 Poloha a postavení kamer

Optimální poloha je tzv. side-by-side, umístění kamer vedle sebe. Abychom kamery udrželi vedle sebe a mohli s nimi posouvat a měnit stereobázi, můžeme použít tzv. stereo sánky, které obsahují stupnici sloužící k nastavování stereobáze. Touto polohou docílíme toho, aby nevznikala paralaxa jiná než horizontální.

Postavení kamer volíme nejlépe paralelní, abychom zaznamenali identické scény, a aby se obě osy kamer protnuly v nekonečnu. [22, 25]

5.1.3 Synchronizace kamer

Pro výslednou shodnost obou videí je zapotřebí, aby videa z obou kamer začínala i končila ve stejnou dobu. K tomu nám slouží synchronizace, kterou realizujeme buď pomocí dálkového ovladače či softwarovou synchronizací pomocí počítače nebo zjednodušeně použitím klapky (krátký zvukový projev) či zakrytím objektivů obou kamer kusem papíru a ve vertikálním směru ho rychlým pohybem odstraníme.

5.1.4 Výpočet paralaxy

Je zde ještě jedna věc, kterou musíme brát v úvahu před začátkem snímání, a to je velikost promítací plochy. Je totiž závislá na parametru tzv. native pixel parallax (NPP) neboli přirozená paralaxa vyjádřená v pixelech. NPP nastává tehdy, když se díváme paralelně a nemusíme divergovat. [25]

$$NPP = \frac{b_0}{w} \cdot R. \quad (5.3)$$

Vztah (5.3) vyjadřuje výpočet NPP, kde b_0 je oční báze člověka, w (width) je šířka obrazovky, na kterou promítáme, a R je horizontální rozlišení dataprojektoru v pixelech. [25]

6 Realizace snímání a projekce scén

6.1 Realizace snímání

Natáčení probíhalo pomocí dvou identických kamer SONY Handycam HDR-CX115E, jejichž parametry uvádí Tabulka 3.

Tabulka 3: Parametry kamery SONY Handycam HDR-CX115E

Rozměry (šířka x výška x hloubka)	50 mm x 50 mm x 106 mm
Objektiv Vario-Tessar®	25 x optický zoom
Clonové číslo (F)	1,8 - 3,2
Ohnisková vzdálenost objektivu (f)	2,5 mm - 62,5 mm
Rozlišení	Full HD
Snímač CMOS Exmor R™	4,5 mm (typ 1/4)

Při natáčení dynamické scény je nutno brát v potaz několik parametrů. Je to hlavně velikost snímače kamery, vzdálenost mezi pozadím a popředím snímání scény, vzdálenost snímání aparatury od popředí scény, ohniskovou vzdálenost objektivu, natočení os objektivů a v neposlední řadě velikost pozorovací obrazovky. [25]

Upevnění videokamer bylo realizováno pomocí stereosáněk Manfrotto, které mají milimetrové pravítko pro snadnější nastavování stereobáze. Sánky byly upevněny na stativu značky Hama. Výsledná realizace je znázorněna na Obr. 14.

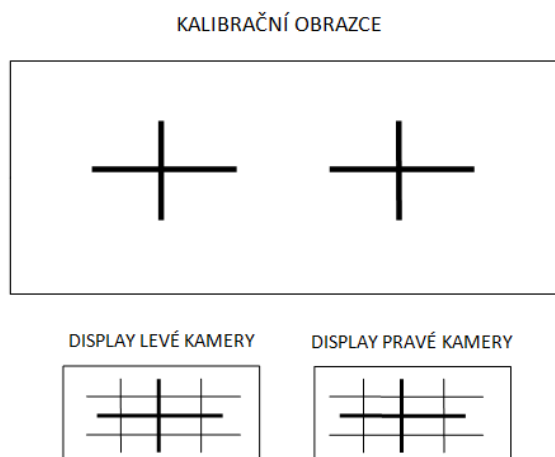


Obr. 14: Snímací aparatura

6.1.1 Nastavení kamer

Velmi podstatné je, aby byly obě kamery nastaveny stejně. Kamery je nutno před natáčením manuálně nastavit. U všech scén jsem nastavovala rozlišení „HD FH“, výběr scén jsem nastavila na režim „krajina“. Veškeré scény jsem natáčela venku, a proto jsem zvolila vyvážení bílé na možnost „venku“. Expozici jsem měnila u jednotlivých scén v závislosti na aktuálním osvětlení. Totéž u ostření, u většiny scén jsem volila ostření do nekonečna. Ohniskovou vzdálenost jsem nastavila u všech scén na minimum - 2,5 mm.

Aby byly kamery umístěny stejně paralelně a abych se vyvarovala nepříznivé vertikální paralaxe, prováděla jsem před každou scénou příslušnou kalibraci. K tomu jsem využívala pravítko, vodováhu a především kalibrační obrazce v podobě nákresu dvou křížů, pro každou kameru zvlášť. Hlavním účelem kalibračních obrazců je správné nastavení optických os kamer. Kalibrační obrazce bylo nutné vždy umístit na pevnou plochu a před začátkem každého natáčení obě kamery stejně zaměřit na kříže a nastavit příslušné parametry, viz Obr. 15. Kalibrace se osvědčila, jako nezbytná součást natáčení. Díky kalibraci jsem nemusela upravovat v softwaru nežádoucí vertikální posun.

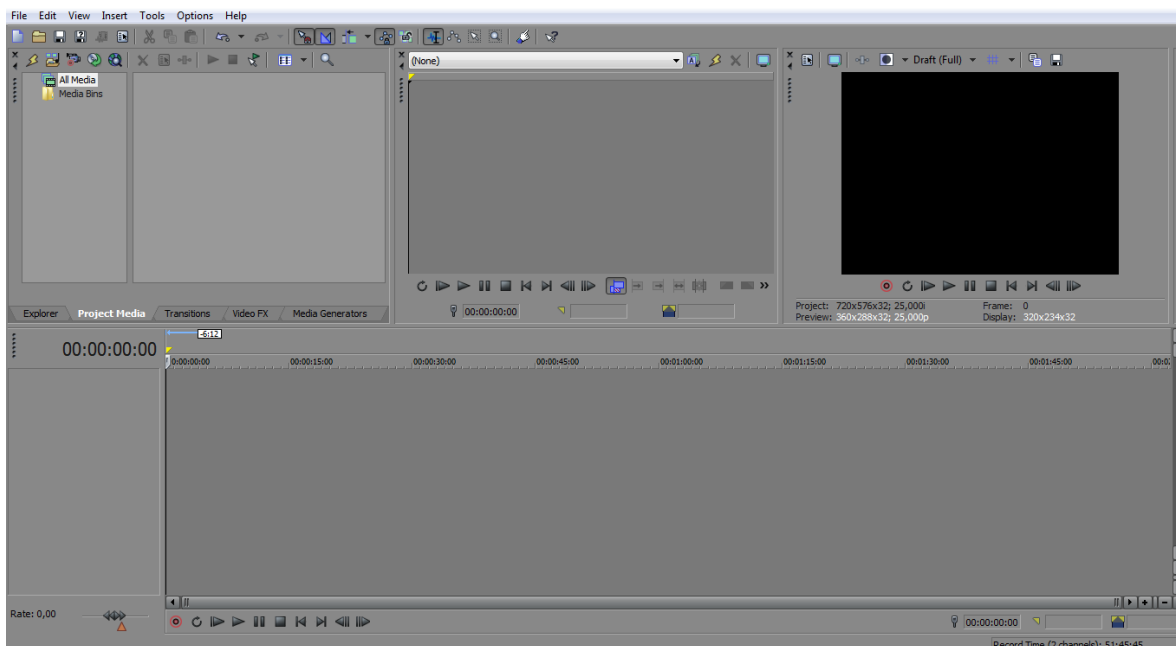


Obr. 15: Kalibrační obrazce

Jelikož nelze kamery spustit zároveň ovladačem či synchronizovat pomocí počítače, musela jsem použít alternativy v podobě klapky, která spočívala v zakrytí a rychlé odkrytí obou objektivů kamer papírem velikosti A5 a také jsem použila jednoduchý zvukový signál z mobilního telefonu. Tyto ukazatele mi umožnili a usnadnili následné zpracování videí ve vhodném softwaru.

6.2 Software ke zpracování videí

Jako první jsem použila software PMB (Picture Motion Browser) Version 5.5.02, který byl součástí vybavení videokamer SONY. Tento software usnadňuje importování videí do počítače a umožňuje jednoduché spravování importovaných videí.

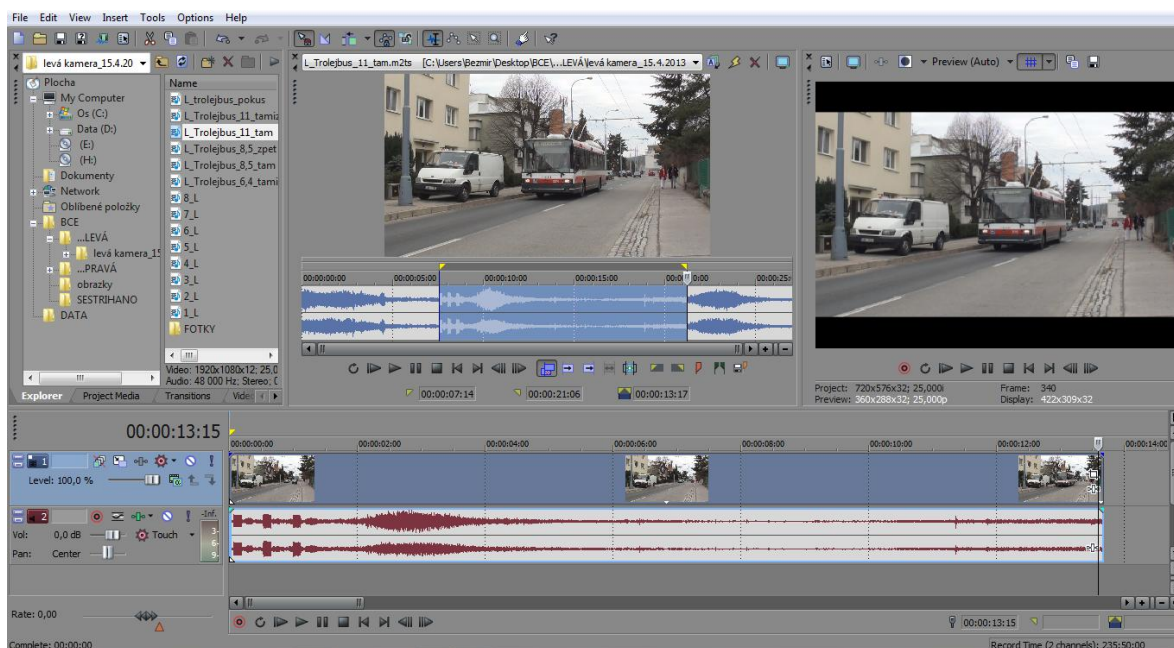


Obr. 16: Pracovní prostředí SONY Vegas Pro 11.0

K editaci a střihům videí jsem využila vlastnosti softwaru SONY Vegas Pro 11.0 (Build 682). Obr. 16 znázorňuje pracovní prostředí softwaru. Prostředí je složeno z několika částí (oken). Horní lištu tvoří základní menu. Pod ní se nachází nástrojová lišta, pomocí které lze ovládat některé funkce softwaru. V levé horní části pracovního prostředí se nachází okno, které tvoří skupina pracovních záložek, ve které můžeme procházet požadované soubory (záložka Explorer), spravovat média (záložka Project Media), vkládat efekty mezi jednotlivé scény (záložka Transitions), vkládat filtry (záložka Video FX), šablony titulků (záložka Media Generators) a mnoho dalších funkcí. Ke střihání scény a vkládání sestřihaných částí slouží individuální nástroj zvaný Trimmer a nachází se uprostřed horní části pracovního prostředí programu Vegas Pro. Vedle Trimmeru se nachází Video náhled (Video Preview). Celou spodní část pracovního prostředí tvoří časová osa (Timeline). Timeline je tvořeno záhlavím (vlevo) a volným časovým úsekem (vpravo). Veškeré části pracovního prostředí lze přesouvat a měnit jejich velikost.

6.2.1 Editace videí

Před samotným upravováním klipů je nutné nastavit parametry softwaru. Je možno si vybrat z několika různých šablon. Zvolila jsem šablonu PAL DV (720x576; 25,000 fps). Je tedy zanechána frekvence snímkování na 25 snímků za sekundu. Poté jsem si v záložce Explorer našla příslušné video, které jsem chtěla upravovat a přetáhla ho do Trimmeru k sestřihání. Po vystřižení potřebného úseku jsem video mohla vložit do Timelinu. Odtud už je možné vybranou stopu převést (funkce Render as...) na video ve formátu AVI. Popsaný postup je znázorněn na Obr. 17, kde je světle modře znázorněna vystřižená část.



Obr. 17: Ukázka editace videa v programu SONY Vegas Pro 11.0

Jelikož k výslednému efektu videí není potřeba využít zvukovou stopu, videa jsou proto převáděna bez zvuku.

Software měl také funkci, která umožňovala vytvořit video jako side-by-side. Toho jsem využila pouze ke kontrole videí pro levé a pravé oko vedle sebe, zda si videa přesně odpovídají a zda jsou správně sestřižány. K promítání scén jsem si připravila vždy levou a pravou scénu ve formátu AVI.

6.3 Realizace promítání

Promítání se uskutečnilo v místnosti SE4.157 v budově Technická 12. K projekci byla zvolena polarizační stereoskopická metoda.

K realizaci polarizační metody promítání jsem využila aparaturu, která mi byla poskytnuta ústavem Biomedicínského inženýrství. Aparatura zahrnovala počítač s grafickou kartou se dvěma obrazovými výstupy, jehož operační systém má možnost nastavení rozšíření plochy obrazu také na druhou plochu monitoru, v našem případě projektoru. Nedílnou součástí jsou dva identické projektory, před kterými jsou umístěny polarizační filtry. Promítací aparatura je zobrazena na Obr. 18.



Obr. 18: Promítací aparatura

Součástí promítací aparatury bylo speciální plátno s povrchem pro zachování polarizace světla. Plátno je široké 2 510 mm, vysoké 1 680 mm a s úhlopříčkou 2 980 mm.

K samotnému promítání jsem využila software Stereoscopic Player Version 1.8.0, který má schopnost promítat dvě videa zároveň, každé z nich jiným projektorem. Obrazy z jednotlivých projektorů musejí být přesně na sobě. Pro kalibraci a přesnější odhad, zda si obrazy odpovídají, jsem využila stejné pozadí na obou plochách projektoru - bílý kříž na černém pozadí.

Rozmístění pozorovatelů v učebně jsem řešila následovně. Jelikož prostor učebny nebyl dostatečně velký a měla jsem k dispozici 20 dobrovolníků, rozhodla jsem se promítat scény postupně po skupinkách po dvou dobrovolnících. Jednotlivci tak budou mít stejné podmínky při posuzování prostorového vjemu. Pozorovatelé byli vzdáleni od plátna 6,5 metru. Obr. 19 znázorňuje promítací místnost.



Obr. 19: Promítací místnost

Diváci sledovali promítané scény brýlemi, které byly opatřeny stejnými polarizačními filtry jako před projektory. Dobrovolníci současně s pozorováním promítaných scén vyplňovali dotazník, pomocí kterého můžu vyhodnotit jednotlivé parametry prostorového vjemu.

7 Popis jednotlivých scén a vyhodnocení dotazníků

Veškeré scény jsem natáčela ve venkovním prostředí. Jako první jsem natáčela dynamickou scénu jedoucího trolejbusu, z prostředí, které vidáme každý den. Další videa jsou z prostředí sportovního hřiště, kde se odehrává scéna hodu na basketbalový koš. Poslední série videí jsou statické scény tří míčů, které leží v určitých vzdálenostech od sebe.

Promítání scén se zúčastnilo 20 dobrovolníků ve věku od 21 do 26 let. Čtyři dobrovolníci mají oční vadu, z nichž dva trpí krátkozrakostí ($-2,5$ D a $-1,75$ D) a dva cylindrickou oční vadou. Bylo promítnuto vždy 8 scén a pozorovatelé přitom vyplňovali příslušné otázky v dotazníku.

Následuje popis jednotlivých scén a vyhodnocení dotazníku prostřednictvím grafů.

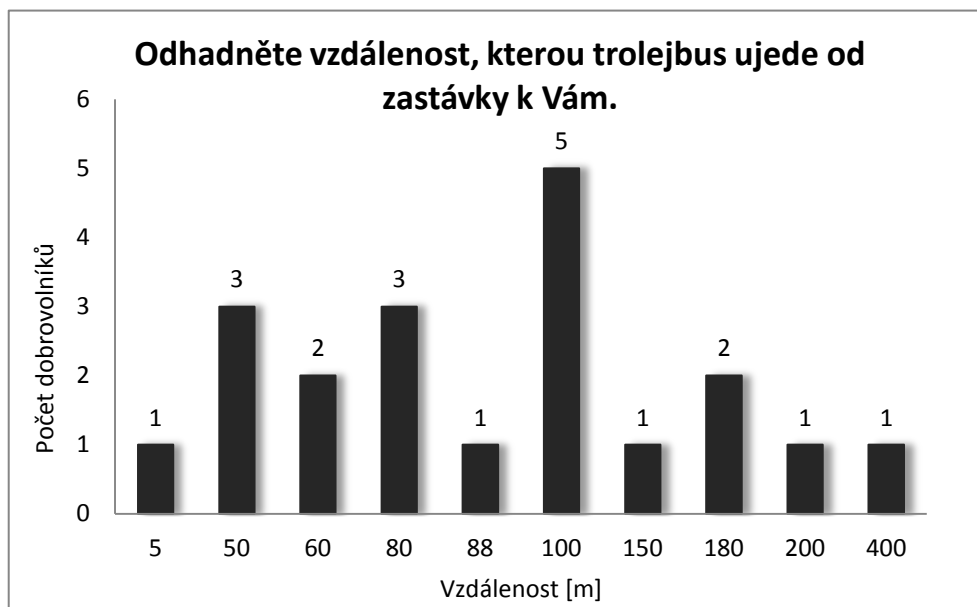
7.1 Projíždějící trolejbus

V této scéně jsou kamery nastaveny v úhlu tak, aby projíždějící trolejbus působil dojmem, co nejvíce jedoucí k pozorovateli. Je zde zahrnuto mimo projíždějícího trolejbusu i několik statických předmětů - domy, auta, stromy, sloupy a jiné. Scény budou dvojího druhu. Jednou jede trolejbus směrem ke kamerám, v druhém případě jede směrem od kamer. V obou případech jsem scény natáčela ve třech velikostech stereobáze - 6,4 cm, 8,5 cm a 11 cm. V dotazníku se ptám na odhad vzdáleností. Dalším parametrem, který jsem hodnotila, je místo, ve kterém na diváka působí trolejbus nejlepším prostorovým dojmem (například ve středu úseku nebo nejbližší divákovi). Nakonec chci po dobrovolnících zhodnotit, při které velikosti stereobáze působila scéna nejlépe prostorově.



Obr. 20: Projíždějící trolejbus

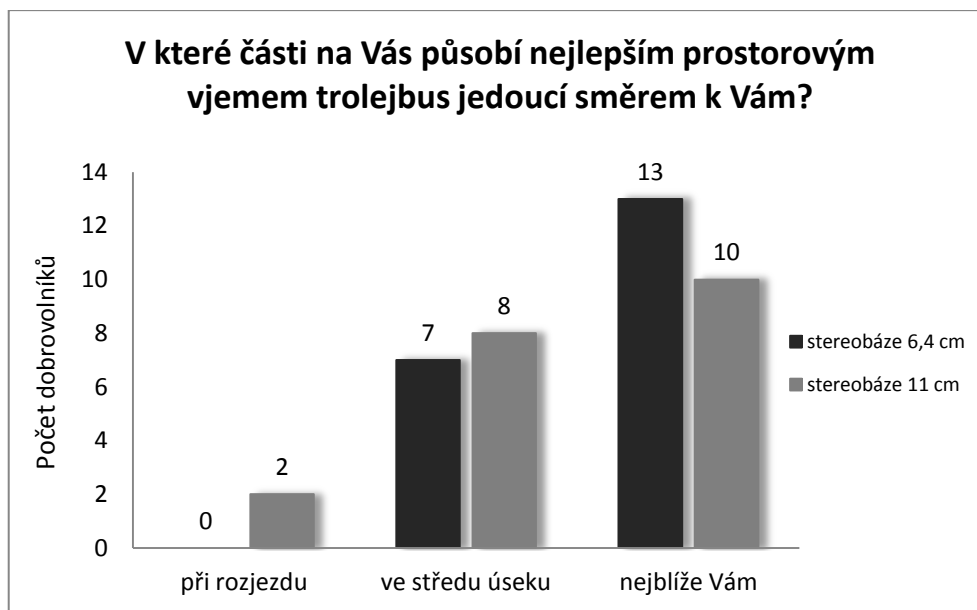
V první části promítání byl promítnut jedoucí trolejbus směrem k divákovi a poté směrem od diváka. Celkem tato část zahrnuje 3 scény, pro každou velikost stereobáze. První otázka se týkala odhadu vzdálenosti úseku, který trolejbus projede směrem k pozorovateli. Výsledné odhady znázorňuje graf 1.



Graf 1: Odhad vzdálenosti úseku jedoucího trolejbusu

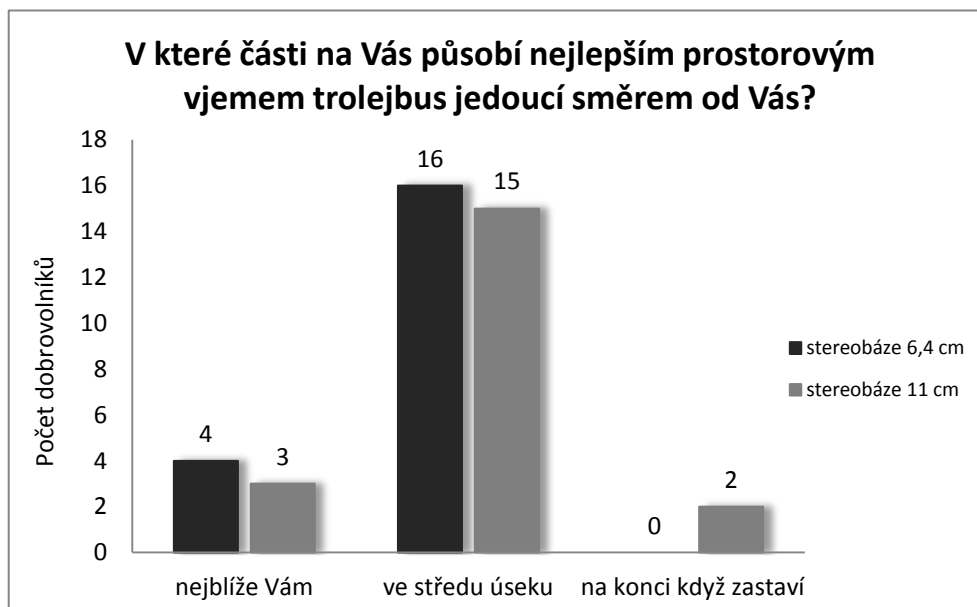
Odhad vzdálenosti je hodně subjektivní. Reálná vzdálenost úseku byla 100 m. Správně to odhadlo 25% z celkového počtu pozorovatelů. Dva pozorovatelé odhadli vzdálenost až extrémně odlišně na 5 m a 400 m.

Další otázky se týkali zhodnocení prostorového vjemu scény jedoucího trolejbusu. Ptala jsem se zde na část úseku, ve kterém se pozorovatelům jeví trolejbus nejlépe prostorově, a to ve dvou velikostech stereobáze - 6,4 cm a 11 cm, ve dvou směrech - k pozorovateli a od pozorovatele.



Graf 2: Zhodnocení, ve které části úseku směrem k pozorovateli, se jevil trolejbus nejlépe prostorově

Z grafu 2 vyplývá, že při stereobázi 6,4 cm působil nejlépe trolejbus jedoucí směrem k pozorovateli na 35% účastníků ankety ve středu úseku a na zbylých 65% působil nejlépe, když jel nejblíže u kamer. Žádný z účastníků (při stereobázi 6,4 cm) neoznačil možnost, když se nacházel trolejbus nejdál, při rozjezdu. Při stereobázi 11 cm byl výsledek téměř podobný. 40% zúčastněným se jevil trolejbus nejlépe prostorově ve středu úseku, 50% nejblíže kamerám. Němterým účastníkům (10%) se však jevil trolejbus nejlépe prostorově i v okamžiku, kdy se nacházel nejdál, při rozjezdu.



Graf 3: Zhodnocení, ve které části úseku směrem od pozorovatele, se jevil trolejbus nejlépe prostorově

Z grafu 3 je zřejmé, že při obou velikostech stereobáze jednoznačně převládá nejlepší prostorový dojem ve středu úseku, kdy trolejbusu projíždí směrem od pozorovatele. Jen nepatrné procento dobrovolníků zaznačilo v dotazníku odlišné odpovědi.

V druhém videu, při stereobázi 8,5 cm, je ve scéně na pravém chodníku přistaven zelený automobil. Zde jsem využila vzájemné vzdálenosti mezi automobilem a bílou dodávkou stojící na levém chodníku, viz Obr. 21.



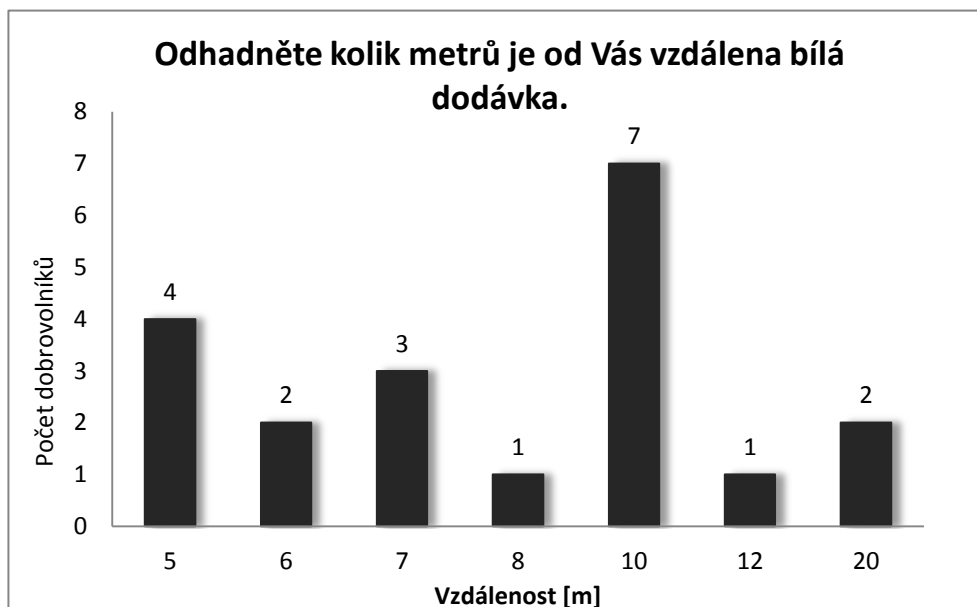
Obr. 21: Projíždějící trolejbus, stereobáze 8,5 cm

Automobil byl vzdálen od kamer 18 m a bílá dodávka 14 m. Z grafu 4 vyplývá, že v tomto případě byl jednoznačně patrný rozdíl vzdáleností vozidel od pozorovatele, jelikož všichni dobrovolníci odpověděli správně.



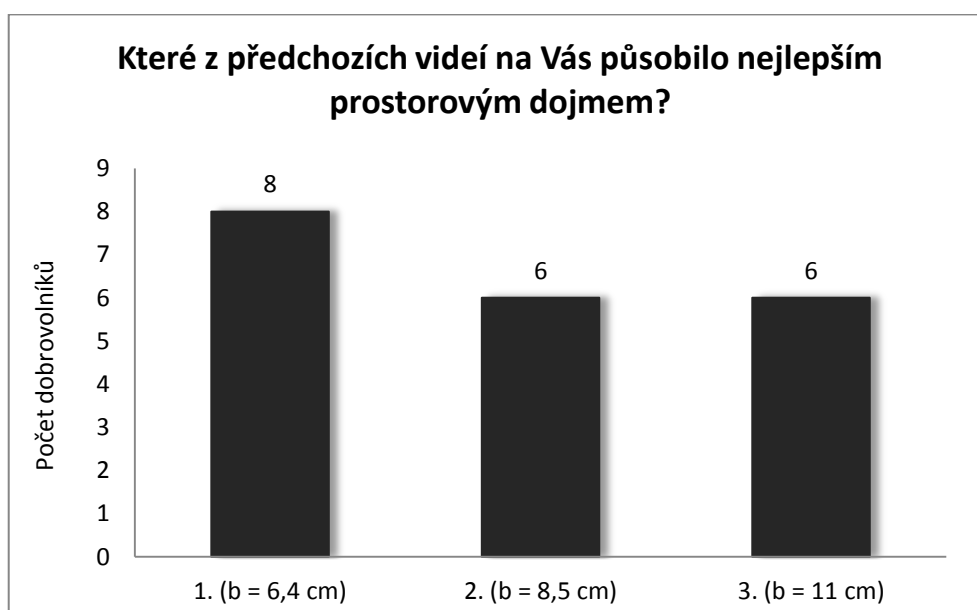
Graf 4: Vzájemná poloha dvou vozidel

Opět jsem se ptala na odhad vzdálenosti, nyní však na vzdálenost bílé dodávky, která byla vzdálená od kamer 14 m. Žádný z pozorovatelů neodhadl tuto vzdálenost přesně. V grafu 5 je vidět, že nejvíce odpovědí bylo 10 m. Opět musím konstatovat, že tuhle otázku nemohu hodnotit objektivně, každý jednotlivec má odlišný odhad.



Graf 5: Odhad vzdálenosti bílé dodávky

Poslední otázkou měl pozorovatel zhodnotit, které ze tří videí na něj působilo nejlepším prostorovým dojmem. Předpokládala jsem, že nejlépe by měla pozorovatelům vyhovovat první scéna, kde velikost stereobáze odpovídá oční bázi člověka. Výsledek však není tak jednoznačný. V některých dotaznících byla napsána poznámka, že nebyl zpozorován rozdíl mezi jednotlivými scénami. To mohlo být způsobeno malým rozdílem mezi velikostmi stereobáze. Větší rozsah velikostí mi však stereosáňky nedovolily.



Graf 6: Zhodnocení prostorového dojmu mezi scénami s odlišnou stereobází

7.2 Hod na koš

Scény se odehrávají na sportovním hřišti. Kamery jsou nastaveny u všech scén na stereobázi 6,4 cm. V prvním případě kamery snímají situaci hodu na koš tak, že snímají hráče, který provádí hod na koš ze vzdálenosti 4,5 m od koše, a to ze dvou míst - zleva a zprava, jak je znázorněno na Obr. 22 a Obr. 23. Jedním z úkolů skupiny pozorovatelů zde bude odhadnout vzdálenost basketbalového koše od postavy. Hlavním předmětem scény je zde basketbalový koš a hráč, a proto se v dotazníku ptám na místo, ve kterém prostorově vnímají hráče a basketbalový koš. Scéna je natočena tak, že by měl být hráč prostorově vnímán před plátnem a basketbalový koš za plátnem.

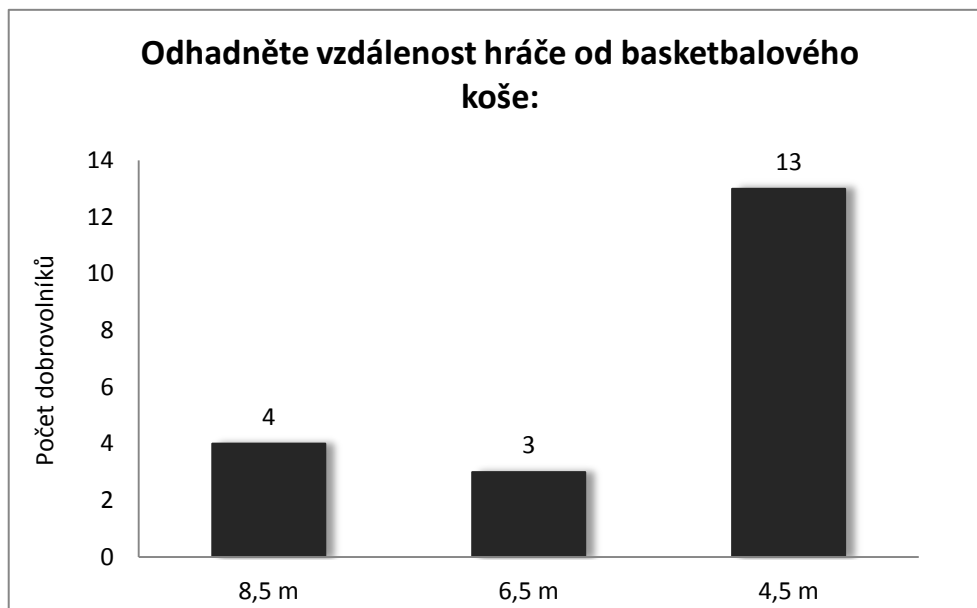


Obr. 22: Hod na koš zleva



Obr. 23: Hod na koš zprava

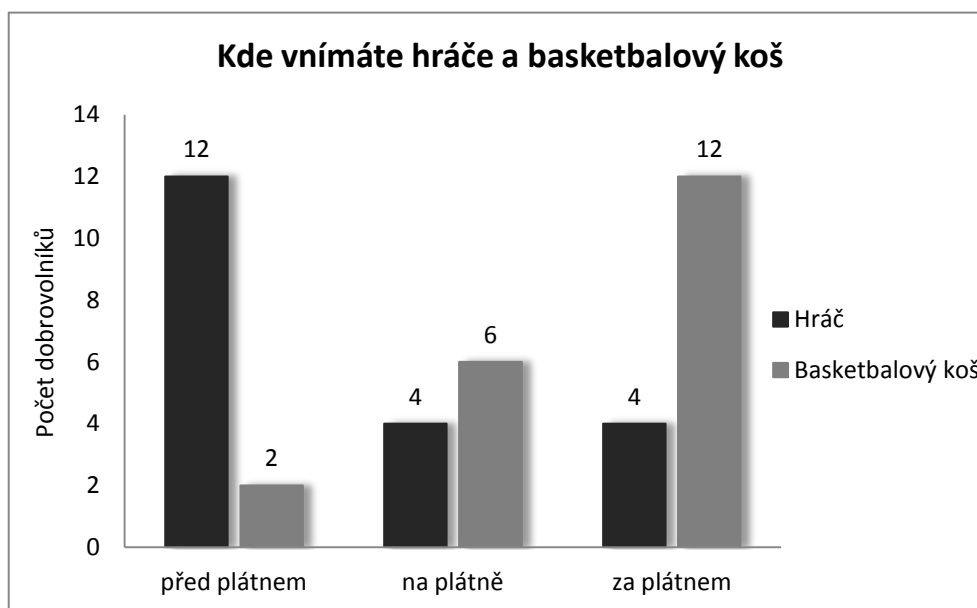
První otázkou při scéně hodu na koš bylo odhadnutí vzdálenosti, ale tentokrát jsem zadala tři možnosti, ze kterých měli dobrovolníci vybrat. Správná vzdálenost je 4,5 m.



Graf 7: Odhadnutí vzdálenosti hráče od basketbalového koše

Z grafu 7 vyplývá, že velká část dobrovolníků odpověděla správně. Odhad je zde mnohem přesnější, než v situaci, kdy na výběr možnosti nebyly zadány. Výběr ze tří možností je zavádějící, a je tedy jednodušší odhadnout skutečnou vzdálenost.

V následujících otázkách jsem si chtěla ověřit předpoklad, jestli hráč, který hází míč na koš, je vnímán, jako by stál před plátnem, a jestli je basketbalový koš vnímán za plátnem.



Graf 8: Vnímaná poloha hráče a basketbalového koše

Nejčastější kombinací u těchto dvou otázek byla, že hráče vnímala většina pozorovatelů před plátnem a basketbalový koš za plátnem, jak vyplývá z grafu 8. Menší procento respondentů vnímali koš či hráče na plátně. Předpoklad byl tedy potvrzen. Našla jsem však i kombinaci, kdy bylo na některých dotaznících vybrána možnost, že oba objekty - hráč i koš jsou vnímány za plátnem nebo naopak před plátnem.

V druhém případě scény hodů na koš kamery snímají hráče a basketbalový koš z jiného úhlu. Hod na koš je snímán tak, že trajektorii míče vidíme horizontálně směrem zleva doprava. Scény jsou dvě - ve scéně č. 1 je basketbalový koš vzdálený dál než hráč, ve scéně č. 2 jsou vzájemně stejně vzdáleni od kamer. V tomto případě se budu ptát na vzájemnou polohu hráč-koš a zkoumat tak, zda je vidět rozdíl ve vzájemných polohách. Celá scéna je zobrazena na Obr. 24.

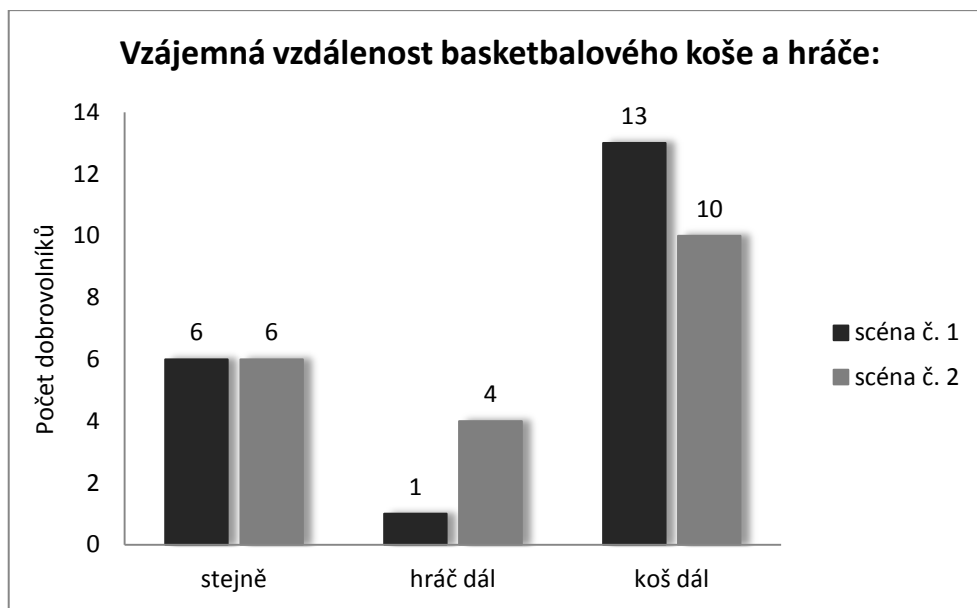


Obr. 24: Hod na koš - pohled z boku

Ve scéně číslo 1 odpovědělo správně na otázku 65% dobrovolníků. Byl tedy pro většinu zúčastněných patrný rozdíl ve vzájemné poloze dvou hlavních předmětů scény.

Jinak tomu bylo u scény číslo 2, kde odpovědělo správně (hráč i koš jsou vzájemně vzdáleny stejně od kamer) pouze 30% dobrovolníků. Polovina respondentů totiž odhadovala, že je basketbalový koš vzdálen dál než hráč. Zřejmě zde zapůsobilo zkreslení, způsobené špatným osvětlením (nastavením expozice) či jinými vlivy.

Graf 9 zobrazuje výsledky hodnocení mezi scénou č. 1 a scénou č. 2.



Graf 9: Vzájemná vzdálenost basketbalového koše a hráče

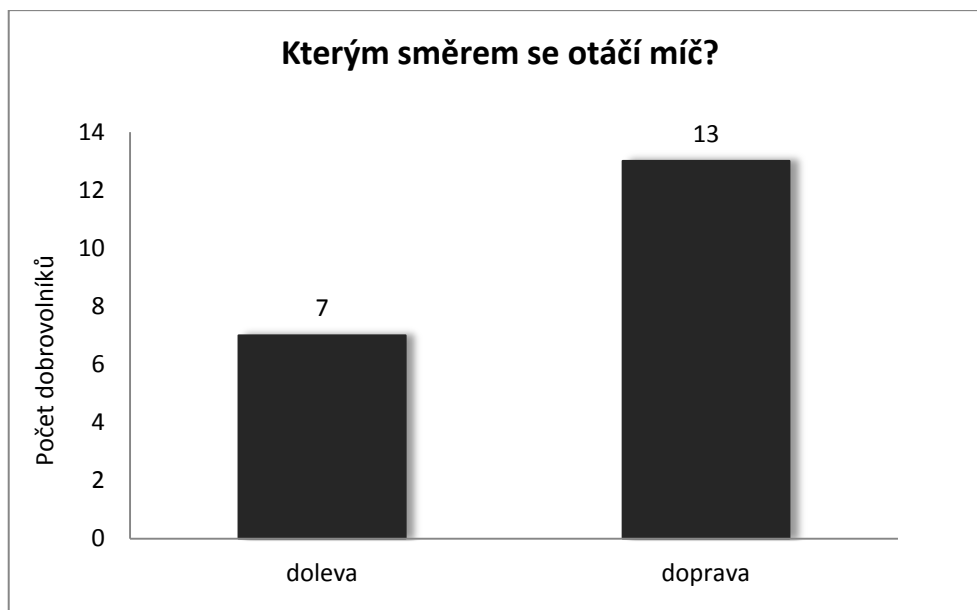
7.3 Točení míče

V popředí scény se nachází hráč, který točí basketbalový míč na prstu, a v pozadí se nachází stěna budovy. Zde budu hodnotit, zda pozorovatel dokáže určit, jakým směrem se otáčí míč, a zda se mu otáčející se míč seká nebo ho vidí plynule. Také se budu ptát na pozadí, zda je vnímáno ploše či prostorově.



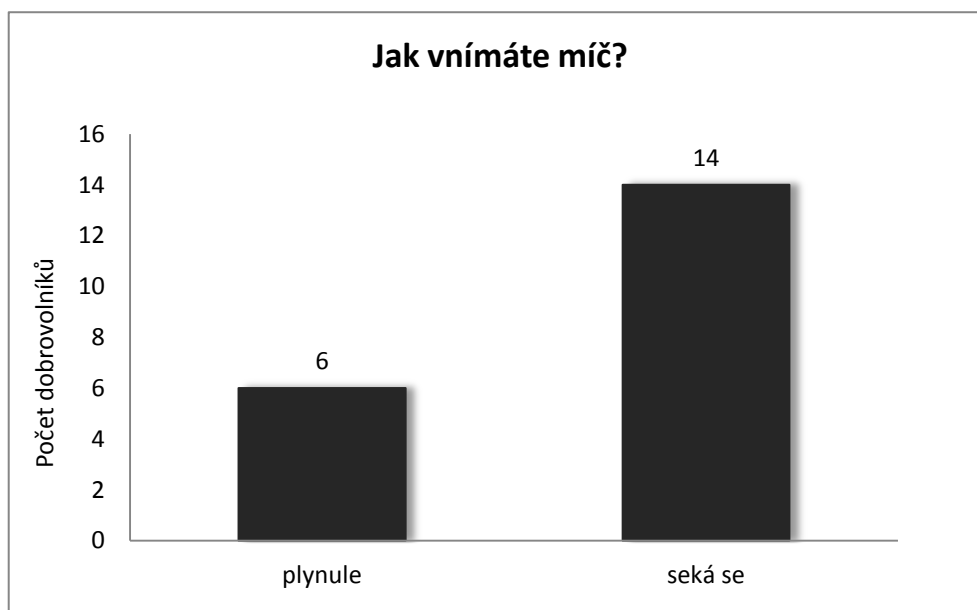
Obr. 25: Točení míče

Hlavním objektem scény je basketbalový míč, který se točí relativně velkou rychlostí. Zajímalo mě, jestli pozorovatel dokáže odhadnout směr, kterým se míč otáčí.



Graf 10: Odhadnutí směru, kterým se míč otáčí.

Míč se otáčel doprava, což odhadlo správně 65% účastníků ankety. Našlo se však i několik pozorovatelů (35%), kteří směr otáčení vnímali doleva.



Graf 11: Způsob vnímání točícího míč

Pohyb míče nebyl úplně konstantní, což mohlo způsobit to, že 70% dobrovolníků se obraz točícího se míče sekal. Plynule ho vnímalo pouze 30% pozorovatelů.



Graf 12: Celkový prostorový dojem scény Točení míče

Celkový prostorový dojem scény byl pozitivní u 60% dobrovolníků a u zbylých 40% dobrovolníků byl negativní.



Graf 13: Prostorový dojem z pozadí scény

Předpokládaný prostorový dojem z pozadí plochy se projevil u 60% respondentů, na zbylých 40% dobrovolníků vnímalo pozadí ploše.

7.4 Statické scény

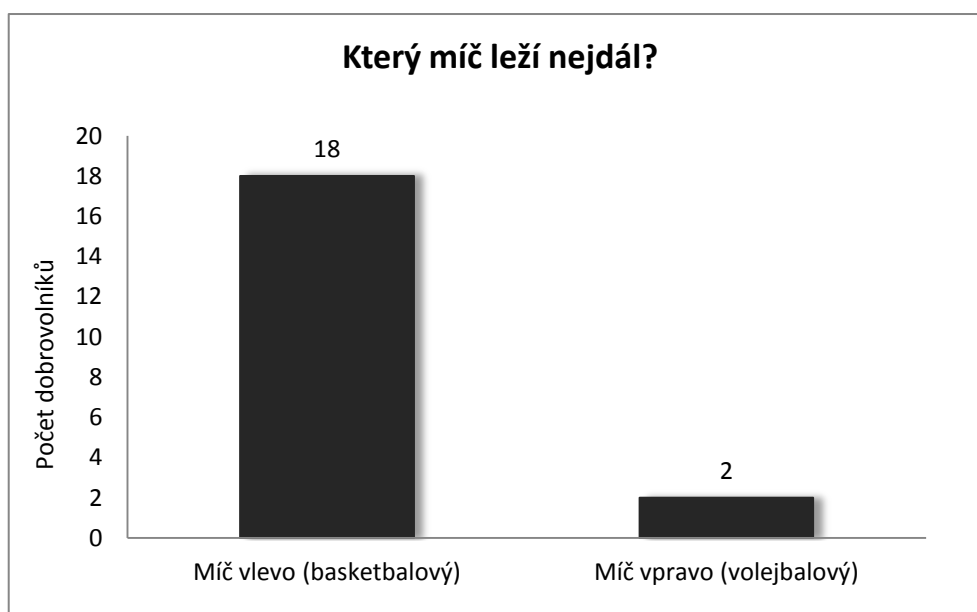
Pro realizaci mé práce jsem zvolila také pár statických scén. Jedná se o tři scény, které snímají rozmístění míčů v prostoru. Stereobáze je zde nastavena na 5 cm.

V první scéně jsou to tři různé druhy míčů, které jsou od sebe vzdáleny tak, jak je vidět na Obr. 26.



Obr. 26: Statická scéna č. 1 - rozmístění míčů

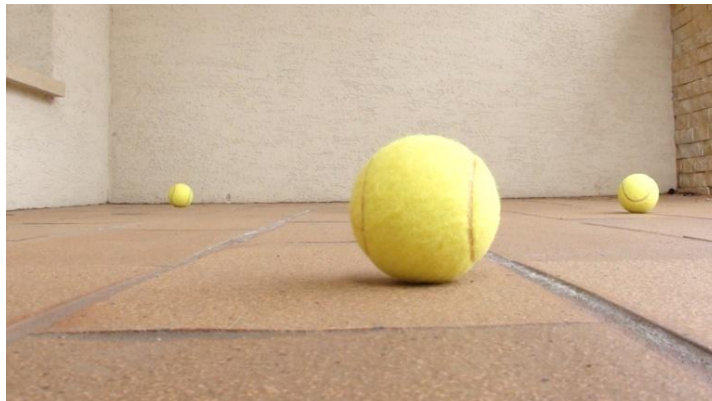
Nejblíže kamerám je umístěn tenisový míč, který má ze všech tří míčů nejmenší velikost. Vpravo od něj leží volejbalový míč vzdálen 80 cm od tenisového míče. Nejdál leží basketbalový míč, umístěný vpravo a vzdálen 160 cm od nejbližšího míče. Na scéně je patrné, že nejmenší míč je velikostně srovnatelný se zbylými míči, které jsou ve skutečnosti ve srovnání s tenisovým míčem daleko větší. Proto se v dotazníku ptám, který míč leží nejdál. Tenisový míč je vzdálen od kamer pouhých 30 cm, což může způsobit problém při pozorování, a proto se v dotazníku vždy ptám, zda je celá scéna vnímána dobře prostorově.



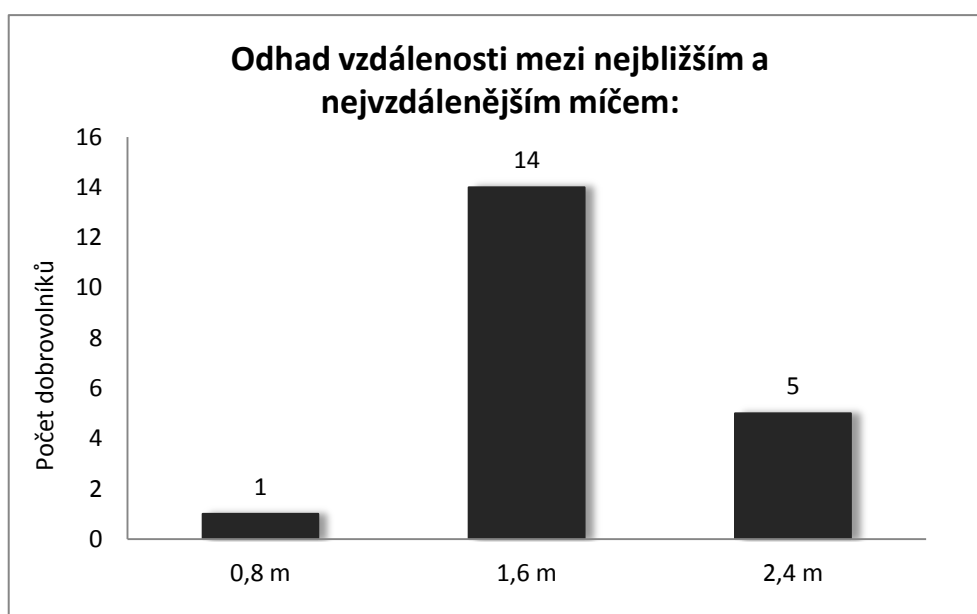
Graf 14: Statická scéna č. 1 - odhad nejdál ležícího míče

Z grafu 14 vyplývá, že 90% dobrovolníků odhadli správně nejdál ležící míč.

V další statické scéně jsou ve stejných vzdálenostech jako v předchozí scéně umístěny tři stejné tenisové míče (Obr. 27). Účastníků ankety se ptám na odhad vzdálenosti mezi nejbližším a nejvzdálenějším míčem.



Obr. 27: Statická scéna č. 2



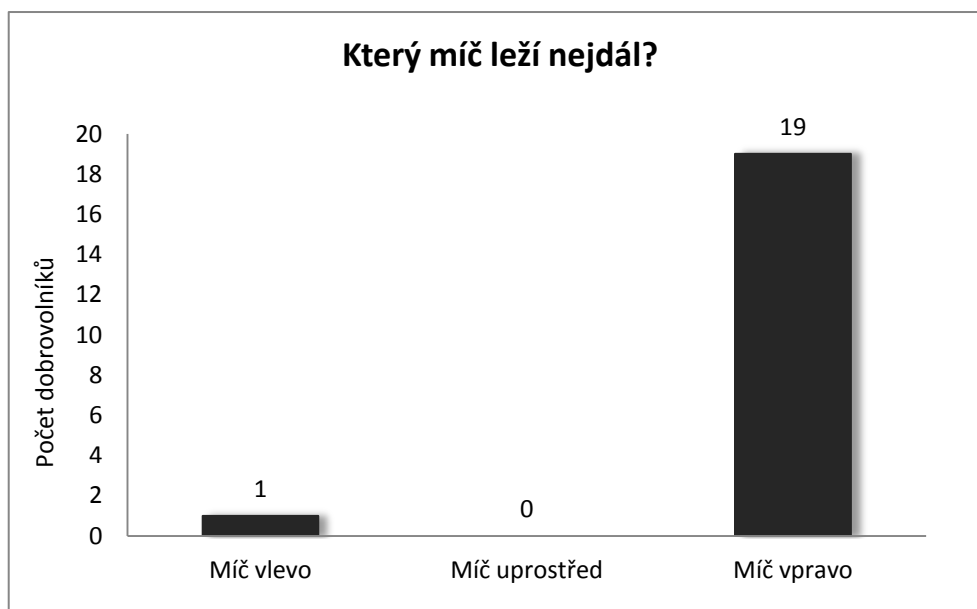
Graf 15: Statická scéna č. 2 - odhad vzdálenosti

Skutečná vzdálenost byla 1,6 m, což odhadlo správně 70% dobrovolníků.

Ve třetí statické scéně jsou opět tři tenisové míče, ovšem vzájemně umístěny v kratších vzdálenostech než v předešlé scéně. V dotaznících se ptám na to, který míč se nachází nejdál.

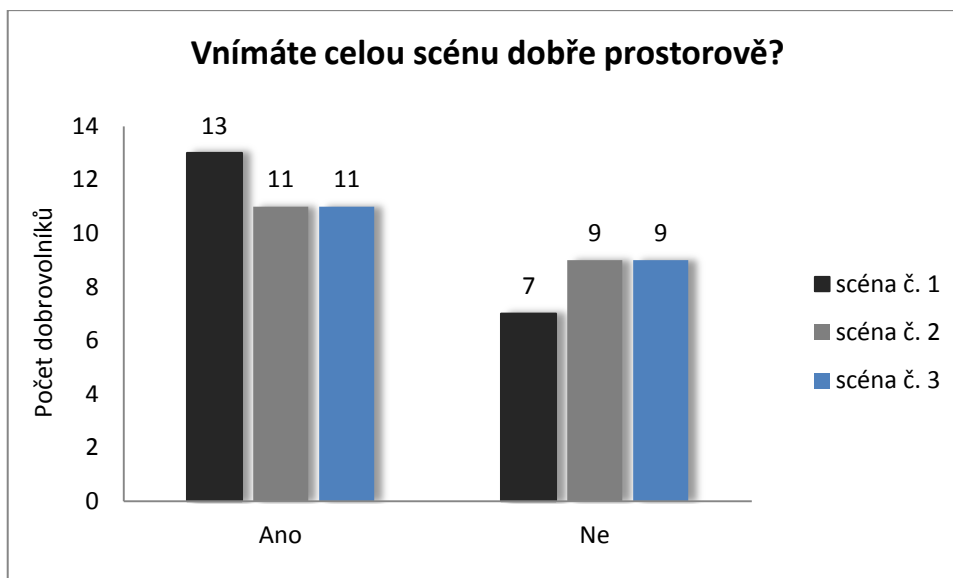


Obr. 28: Statická scéna č. 3 – rozmístění míčů



Graf 16: Statická scéna č. 3 - odhad nejdál ležícího míče

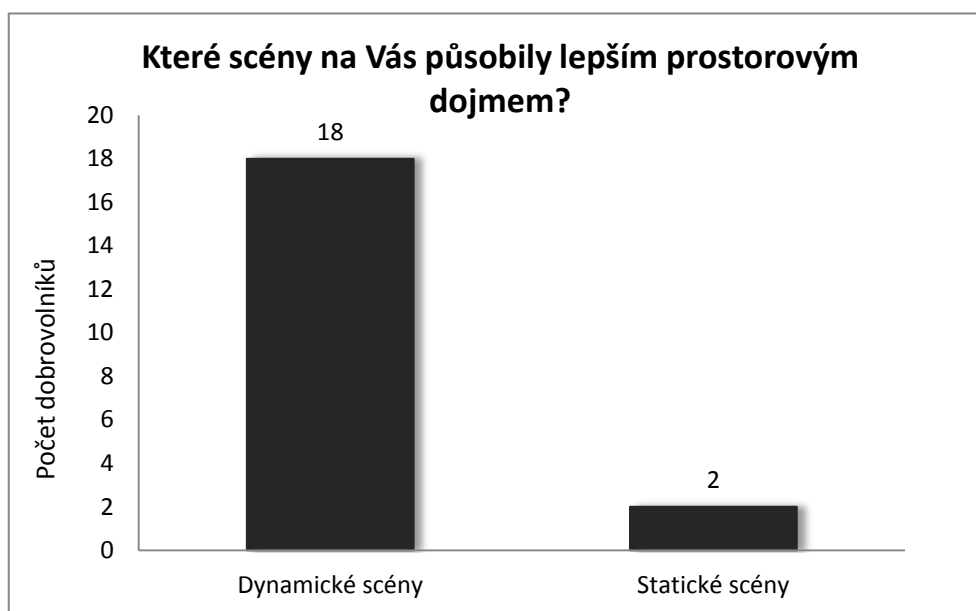
Jak popisuje graf 16, tak ve scéně bylo patrné, že míč vpravo leží nejdál, což správně odhadlo 95% účastníků. Pouze jeden respondent označil míč ležící vlevo. Míč uprostřed byl nejbližší kamerám, proto ho nikdo neoznačil za ležící nejdál.



Graf 17: Zhodnocení statických scén

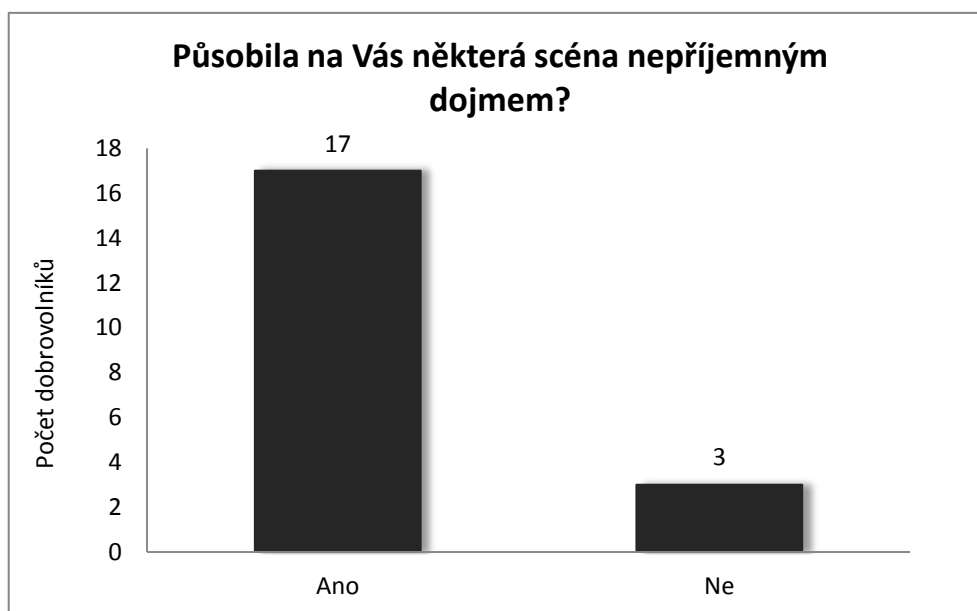
Na závěrečnou otázku u statických scén měli respondenti odpovědět, zda vnímají jednotlivé scény dobře prostorově. Z grafu 17 je zřejmé, že u statické scény č. 1 hodnotí 60% scénu pozitivně, 40% negativně. U scény č. 2 i č. 3 je pozitivní hodnocení jen u 55% a negativní u 45%. Celkově statické scény nepůsobily na některé pozorovatele moc příznivě. Někteří si stěžovali na bolest očí a na nutkání při pozorování scény zavřít jedno z očí. To mohlo být způsobeno tím, že se míč nacházel příliš blízko kamerám. Výsledek scén však splnil mé očekávání a předpoklady.

Na konci dotazníku měli účastníci ankety prostor ke zhodnocení a k vlastním připomínkám k celému promítání.

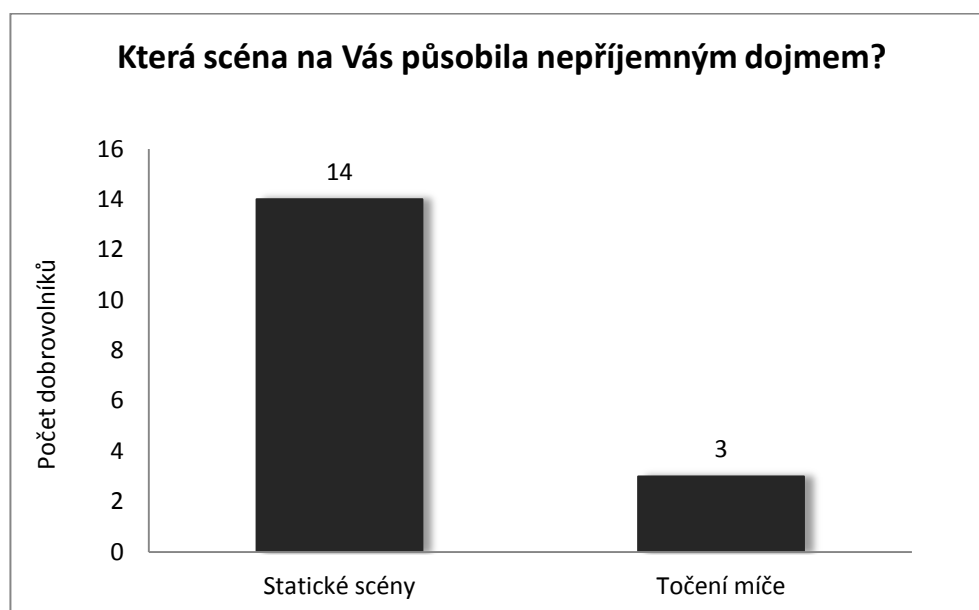


Graf 18: Srovnání dynamické vs. statické scény

Z grafu 18 je znatelný rozdíl mezi dojmem z dynamických scén a statických scén. Jednoznačně lepším prostorový dojem zapůsobily na 90% účastníku dynamické scény.



Graf 19: Nepříjemný dojem z některých scén



Graf 20: Scény způsobující pozorovateli nepříjemný pocit

Jak ukazuje graf 19, tak u 17 pozorovatelů z 20 se objevil nepříjemný dojem u některých scén. Graf 20 potom znázorňuje které scény způsobily nepříjemný pocit. 14 lidí uvedlo statické scény a pro 3 pozorovatele to byla scéna točení míče.

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo vypracovat přehled o fyziologii binokulárního vidění k získání prostorového vjemu z dvourozměrných obrázků a navrhnout snímání dynamické a statické scény pomocí dvojice identických videorekordérů k získání kvalitních dat na výrobu stereoskopického videozáznamu. Další úkol spočíval v realizaci snímání navržených scén a získaná data promítat zvolenou metodou skupině pozorovatelů a s pomocí ankety hodnotit kvalitu prostorového vjemu a závěrem výsledky diskutovat.

První kapitola je věnována anatomii, fyziologii a vývoji zrakového orgánu, které jsou důležitou součástí k pochopení základních principů vidění. Na základě literární rešerše bylo v druhé kapitole objasněno téma binokulární vidění a pojmů s ním spojených. Binokulární vidění je nezbytným prostředkem pro vnímání hloubky prostoru. Člověk přichází na svět s nedokonalým viděním, binokulární vidění se vyvíjí od narození až do předškolního věku dítěte. Jestliže do vývoje binokulárního vidění zasáhne některý z nežádoucích faktorů, může vzniknout některá z poruch binokulárního vidění, mezi které patří například strabismus. Druhá kapitola se věnuje také jednotlivým patologiím i způsobu vyšetření binokulárního vidění.

Ve třetí kapitole je popsána problematika stereoskopie. Základní podmínkou stereoskopického vidění, tedy vzniku prostorového dojmu, je dostatečná odlišnost obrazů vznikajících na sítnici obou očí. Základním účelem práce bylo nasimulovat pomocí dvojice identických videokamer trojrozměrné vidění, jaké mají lidské oči. Proto jsou ve třetí kapitole rozebrány základní odlišnosti mezi lidským okem a videokamerou.

K tomu, abychom docílili prostorového dojmu a oklamali tak naše oči a mozek, slouží několik technologií stereoskopické projekce. Jednotlivými technologiemi, jejich výhody a nevýhody jsou popsány ve čtvrté kapitole.

Po nastudování důležitých pouček a možností výpočtu k návrhu scén a seznámení se s důležitými parametry nastavení dvou videorekordérů bylo možné začít s realizací. K realizaci jsem využívala dvou identických videokamer SONY Handycam HDR-CX115E. Nezbytnou nutností bylo obě kamery nastavit zcela stejně, jinak by výsledek nebyl dokonalý. Nastavení probíhalo manuálně, stejně jako spouštění kamer. Pro synchronizaci kamer se osvědčily oba způsoby, které jsem využila - zvuková stopa i klapka v podobě zakrytí a odkrytí objektivů obou kamer. Při natáčení scén jsem si musela dát pozor na to, abych se vyvarovala nežádoucí vertikální paralaxe. Video se měla lišit pouze v paralaxe horizontální, kterou udávala velikost stereobáze. Podmínky jsem splnila a měla jsem tak k dispozici kvalitní data, se kterými jsem dále mohla pracovat. Úpravu a střih získaných videí jsem prováděla pomocí softwaru SONY Vegas Pro 11.0.

Dalším úkolem zadané práce bylo promítání získaných dat skupině pozorovatelů. Zvolenou metodou byla polarizační stereoskopické technologie a přesvědčila jsem se, že tato metoda poskytuje kvalitní a věrohodný trojrozměrný vjem. S touto metodou jsem se již setkala v praxi při návštěvě 3D kin a díky této práci jsem mohla podrobněji nastudovat její principy. Promítání se zúčastnilo 20 dobrovolníků, kteří pomocí dotazníků měli za úkol zhodnotit parametry jednotlivých scén.

Diskuse výsledků

Jedním z hlavních parametrů, které měli dobrovolníci hodnotit, byl odhad vzdálenosti. Zde jsem se přesvědčila o tom, že odhad vzdálenosti je velmi individuální a nelze z výsledků určit jednotný závěr. Odhad bylo možné v dotazníku vyplnit jak otevřeně, tak i z výběru více možností. V případě, kdy byly na výběr možnosti, byl odhad daleko lepší než v případě, kdy měli respondenti zadat vzdálenost sami bez ovlivňujících možností.

Scéna projíždějícího trolejbusu je natáčena ve třech různých velikostech stereobáze. Chtěla jsem se přesvědčit o tom, zda divákovi vyhovuje stereobáze, která odpovídá velikosti oční báze (6,4 cm). Platnost této hypotézy však nebyla tak znatelně potvrzena. Do poznámek většina respondentů napsala, že nezpozorovali rozdíl mezi scénami. Je možné, že kdyby byly velikosti stereobáze větší než 11 cm, byl by rozdíl znatelnější.

Také jsem si chtěla ověřit fakt, zda z vypočtených poloh předmětů scény, budou účastníci ankety vnímat předměty v různých polohách na plátně. Při scéně „Hod na koš“ jsem se přesvědčila o tom, že hráč je opravdu vnímán většinou dobrovolníků před plátnem a basketbalový koš za plátnem.

Nejlépších výsledků bylo dosaženo při určování vzájemných poloh předmětů scény. Respondentům se většinou podařilo odhadnout, který předmět leží dál, či blíže.

Na malé procento dobrovolníků nepůsobila dobrým dojmem scéna točícího se míče. Některé z účastněných při ní bolela hlava. Při odhadnutí směru, kterým se míč otáčí, zodpověděla většina správně. 70% diváků však otáčející se míč nevnímalo plynule, naopak se jim sekal. Příčinou toho může být fakt, že 25 snímků za sekundu nestačí rychlosti otáčejícího se míče.

Celkový dojem z prostorového vnímání scén byl ve většině případů pozitivní. U statických scén jsem se sama přesvědčila o tom, že scény působili na diváka velmi negativně. U těchto scén totiž nebylo dodrženo pravidlo 1:30. Proto na 90% zúčastněných pozorovatelů působily lepším prostorovým dojmem veškeré dynamické scény.

Použité zdroje

- [1] KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Anatomie a embryologie oka*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-7013-313-9.
- [2] GANONG, William F. *Přehled lékařské fyziologie*. Praha: Galén, c2005, 890 s. ISBN 80-726-2311-7.
- [3] SILBERNAGL, Stefan a Agamemnon DESPOPOULOS. *Atlas fyziologie člověka*. Praha: Grada, 2004, 435 s. ISBN 80-247-0630-X.
- [4] ROKYTA, Richard, Dana MAREŠOVÁ a Zuzana TURKOVÁ. *Somatologie: učebnice*. Vyd. 1. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2009, 259 s. ISBN 978-80-7357-454-3.
- [5] KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Vyšetřování oka*. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995, 87 s. ISBN 80-701-3195-0.
- [6] HROMÁDKOVÁ, Lada. *Šilhání*. Vyd. 3., nezměn. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011, 162 s. ISBN 978-807-0135-303.
- [7] AUTRATA, Rudolf a Jana VANČUROVÁ. *Nauka o zraku*. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2002, 226 s. ISBN 80-701-3362-7.
- [8] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění*. 1. vyd. Praha: Grada, 2004, 93 s., ISBN 80-247-0786-1.
- [9] LINHART, Jiří. *Slovník cizích slov pro nové století: základní měnové jednotky, abecední seznam chemických prvků, jazykové pojmy, 30 000 hesel*. Litvínov: Dialog, c2007, 412 s. ISBN 80-738-2005-6.
- [10] NOVOTNÝ, Ivan a Michal HRUŠKA. *Biologie člověka*. 3., rozš. a upr. vyd. Praha: Fortuna, 2002, 239 s. ISBN 80-716-8819-3.
- [11] LANGMEIER, Miloš. *Základy lékařské fyziologie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 320 s. ISBN 978-802-4725-260.
- [12] TROJAN, Stanislav. *Lékařská fyziologie*. 4. vyd. přepr. a dopl. Praha: Grada Publishing, 2003, 771 s. ISBN 80-247-0512-5.
- [13] REICHL, Jaroslav a Martin VŠETIČKA. *Encyklopedie fyziky: Oko jako optická soustava* [online]. 2006 - 2012[cit. 2012-12-05]. Dostupné z: <<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/487-oko-jako-opticka-soustava/>>
- [14] PECKA, Karel a Jiří MATĚJČEK. *Využití stereoskopie ve vyučování*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1982, 50 s. ISBN 17-563-82.
- [15] VOKURKA, Martin a Jan HUGO. *Velký lékařský slovník* [online]. 7. vyd. Praha: Maxdorf, 2007, 1069 s. [cit. 2012-10-7]. ISBN 978-80-7345-130-1.

- [16] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. 1.vyd. Praha: Grada, 2007, [40], 768 s. ISBN 978-802-4711-638.
- [17] GALI-3D, s.r.o. Co je to 3D stereoskopie? *Gali-3D* [online]. © Copyright 2005-2011 [cit. 2012-11-24]. Dostupné z: <<http://cs.gali-3d.com/stereoskopie-princip-3d/>>
- [18] POLÁŠEK, Roman. Stereoskopie - jak funguje 3D kino. *Stahuj.cz Magazín* [online]. 31. 01. 2009 [cit. 2012-11-24]. Dostupné z: <<http://magazin.stahuj.centrum.cz/stereoskopie-jak-funguje-3d-kino/>>
- [19] BENEDIKOVIČ, Josef. Jak funguje 3D technologie. *Filmový e-magazín Cinemo.cz*. [online]. 2009 - 2012, 21. 4. 2011 [cit. 2012-11-04]. Dostupné z: <<http://cinemo.cz/3d-technologie/>>
- [20] BALÍK, J. a J. BOBEK. *Technický sborník oční optiky*. Edited by J. Polášek. 2. vyd. Praha: Oční optika, 1975. 579 s.
- [21] NARDIC SOLUTIONS s.r.o. Přehled 3D technologií. *Nardic solutions* [online]. 2009. [cit. 2012-11-04]. Dostupné z: <<http://www.nardic.cz/prehled-3d-technologie/>>
- [22] StereoGraphics Corporation. *StereoGraphics Developers' Handbook*. 1997. 59 s.
- [23] Short Courses. Stereo Photography 3D in the digital era. [online]. 2011 [cit. 2012-12-04]. Dostupné z: <<http://www.shortcourses.com/stereo/stereo3-17.html>>
- [24] STEREOEYE. *Stereo Base Calculator*. [online]. 2011 [cit. 2012-12-04] Dostupné z: <http://www.stereoeye.jp/software/sbcalc_e.html>
- [25] DASHWOOD, Tim. A Beginner's Guide to Shooting Stereoscopic 3D. *Dashwood Cinema Solutions* [online]. 1. 5. 2010, 10. 9. 2011 [cit. 2012-12-2]. Dostupné z: <<http://www.dashwood3d.com/blog/beginners-guide-to-shooting-stereoscopic-3d/>>
- [26] HLAVÁČ, Václav a Milan ŠONKA. *Počítačové vidění*. 1. vyd. Praha: Grada, 1992, 272 s. ISBN 80-854-2467-3.
- [27] PIHAN, Roman. Oko (a mozek) versus fotoaparát. *FotoRomán* [online]. © 2011 [cit. 2012-03-05]. Dostupné z: <http://www.fotoroman.cz/techniques2/light_eye_camera.htm>
- [28] CICALA, Roger. The Camera Versus the Human Eye. *PetaPixel*. [online]. 17. 11. 2012 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <<http://petapixel.com/2012/11/17/the-camera-versus-the-human-eye/>>
- [29] PARKER, Steve. *Lidské tělo*. Praha: Euromedia Group - Knižní klub, 2007, 256 s. ISBN 978-80-242-2211-0.

Seznam použitých symbolů a zkratek

2D	2 - Dimension, dvourozměrný prostor
3D	3 - Dimension, třírozměrný prostor
apod.	a podobně
ARK	Anomální retinální korespondence
AVI	Audio Video Interleave
CCD	Charged Coupled Device
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
DV	Digital Video
HD	High-Definition, vysoké rozlišení
LCD	Liquid Crystal Display, displej z tekutých krystalů
např.	například
NPP	Native Pixel Parallax, přirozená paralaxa v pixelech
PAL	Phase Alternating Line
tzv.	tak zvaný
vs.	versus, proti

Seznam příloh

1. Dotazník
2. Obsah přiloženého DVD

Příloha: Dotazník

Dotazník – binokulární vidění

V následujících otázkách prosím vždy zakroužkujte vybranou odpověď. Dotazník je anonymní.

Před projekcí:

Věk			Pohlaví	Žena	Muž
Brýle/čochky	Ano	Ne			
Dioptrická vada	Ano	Ne	Pokud ano, jaká?		

Projekce:

Nejprve si pečlivě přečtete všechny otázky, abyste předběžně věděli, na co se v následujícím promítání zaměřit.

PROJÍŽDĚJÍCÍ TROLEJBUS

	Odhadněte vzdálenost, kterou trolejbus ujede od zastávky k Vám.	[m]		
1.	V které části na Vás působí nejlepším prostorovým vjemem trolejbus jedoucí směrem k Vám:	při rozjezdu	ve středu úseku	nejblíže Vám
	V které části na Vás působí nejlepším prostorovým vjemem trolejbus jedoucí směrem od Vás:	nejblíže Vám	ve středu úseku	na konci až zastaví
2.	Odhadněte kolik metrů je od vás vzdálena bílá dodávka.	8 m	14 m	20 m
	Které z aut se Vám jeví prostorově blíže k Vám:	bílá dodávka	zelená Felicie	
3.	V které části na Vás působí nejlepším prostorovým vjemem trolejbus jedoucí směrem k Vám:	při rozjezdu	ve středu úseku	nejblíže Vám
	V které části na Vás působí nejlepším prostorovým vjemem trolejbus jedoucí směrem od Vás:	nejblíže Vám	ve středu úseku	na konci až zastaví
Které z předchozích videí na vás působilo nejlepším prostorovým dojmem?		1.	2.	3.

HOD NA KOŠ

1.	Odhadněte vzdálenost hráče od basketbalového koše:	8,5 m	6,5 m	4,5 m
	Hráče vnímáte:	před plátnem	na plátně	za plátnem
	Basketbalový koš vnímáte:	před plátnem	na plátně	za plátnem
2.	Basketbalový koš a hráč jsou vzájemně vzdáleni od Vás:	stejně	hráč dál	koš dál
3.	Basketbalový koš a hráč jsou vzájemně vzdáleni od Vás:	stejně	hráč dál	koš dál

TOČENÍ MÍČE

Míč se otáčí:	doleva	doprava
Jak vnímáte míč?	plynule	seká se
Vnímáte celou scénu dobře prostorově?	Ano	Ne
Jak na Vás působí pozadí?	ploše	prostorově

STATICKE SCÉNY - MÍČE

1.	Který míč leží nejdál?	Míč vlevo	Míč vpravo
	Vnímáte celou scénu dobře prostorově?	Ano	Ne
2.	Odhadněte vzdálenost mezi nejbližším a nejvzdálenějším míčem:	0,8 m	1,6 m
	Vnímáte celou scénu dobře prostorově?	Ano	Ne
3.	Který míč je od Vás nejdál?	Míč vlevo	Míč uprostřed
	Vnímáte celou scénu dobře prostorově?	Ano	Ne

Ke všem scénám:

Které scény na Vás působily lepším prostorovým dojmem?	Dynamické scény	Statické scény
Působila na vás některá scéna nepříjemným dojmem?	Ano	Ne
Prostor pro Vaše postřehy a komentáře:	Pokud ano, která? _____	

Děkuji za Váš čas.

Příloha: Obsah přiloženého DVD

Na přiloženém DVD jsou videa uspořádána tak, jak byly promítány dobrovolníkům. Označeny jsou vždy pro levé (L) a pravé (P) oko.

1. Projíždějící trolejbus (b=6,4cm) L
2. Projíždějící trolejbus (b=6,4cm) P
3. Projíždějící trolejbus (b=8,5cm) L
4. Projíždějící trolejbus (b=8,5cm) P
5. Projíždějící trolejbus (b=11cm) L
6. Projíždějící trolejbus (b=11cm) P
7. Hod na koš_zleva L
8. Hod na koš_zleva P
9. Hod na koš_zprava L
10. Hod na koš_zprava P
11. Hod na koš z boku (č.1) L
12. Hod na koš z boku (č.1) P
13. Hod na koš z boku (č.2) L
14. Hod na koš z boku (č.2) P
15. Točení míče L
16. Točení míče P
17. Statická scéna č. 1 L
18. Statická scéna č. 1 P
19. Statická scéna č. 2 L
20. Statická scéna č. 2 P
21. Statická scéna č. 3 L
22. Statická scéna č. 3 P